



Arbeitsberichte zur Verkehrsforschung

**Projekt „DiVA –
Gesellschaftlicher Dialog
zum vernetzten und
automatisierten Fahren“**

Schlussbericht

21.08.2020

Autorinnen:

Viktoriya Kolarova

Kerstin Stark

Prof. Dr. Barbara Lenz



Reihe: Arbeitsberichte zur Verkehrsforschung
Nummer: 3 (2020)
ISSN: 2513-1699

Impressum

Herausgeber:
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
Institut für Verkehrsforschung

Anschrift:
Rudower Chaussee 7, 12489 Berlin
Telefon + 49 (030) 97055-9154
E-Mail isabel.seiffert@dlr.de

DLR.de

Bilder DLR (CC-BY 4.0), soweit nicht anders angegeben.
Titelbild: DLR

Förderrichtlinie „Automatisiertes und vernetztes Fahren“

Schlussbericht

Vorhabenbezeichnung:

DiVA – Gesellschaftlicher Dialog zum vernetzten und automatisierten Fahren

Laufzeit des Vorhabens:

vom: 01.07.2017

bis: 31.03.2020

Zuwendungsempfänger:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
(DLR)
Institut für Verkehrsforschung
Rudower Chaussee 7
12489 Berlin

Institutsdirektorin: Prof. Dr. Barbara Lenz
Projektleiterin DiVA: Viktoriya Kolarova
Stellvertretende Projektleiterin DiVA: Kerstin Stark

Förderkennzeichen:

16AVF2030A

Danksagung

Wir, die Autorinnen, bedanken uns bei allen Beteiligten, die ihre Zeit und Expertise dem Projekt zur Verfügung gestellt haben. Insbesondere danken wir den Expertinnen und Experten, die wir im Rahmen der Stakeholderbeteiligung befragt haben, den Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Akzeptanzerhebungen, den Projektbeteiligten der anderen BMVI-geförderten Projekte zum automatisierten und vernetzten Fahren, welche sich an den Arbeitstreffen im Rahmen des Projektdialogs beteiligt haben, sowie allen Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Anschlussveranstaltung.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	5
Abkürzungsverzeichnis	6
1. Einleitung	7
1.1. Projektziele	7
1.2. Methodisches Vorgehen	7
1.3. Abgrenzung individuelle und gesellschaftliche Akzeptanz im Projekt	11
2. Aktueller Stand des Einsatzes des automatisierten und vernetzten Fahrens	12
2.1. Definition von automatisierten und vernetzten Fahren	12
2.2. Einführungsszenarien und Anwendungsformen im Personen- und Güterverkehr	13
3. Chancen und Risiken des AVF	16
3.1. Auswirkungen im Personenverkehr	16
3.2. Auswirkungen im Güterverkehr	23
3.3. Schlussfolgerungen	26
4. Anforderungen potenzieller Nutzer*innen	27
4.1. Personen mit einer hohen Fahrleistung	27
4.2. Neue (automobile) Nutzergruppen	30
4.3. Schlussfolgerungen	32
5. Anforderungen unterschiedlicher Stakeholder	34
5.1. Wirtschafts- und Innovationsstandort Deutschland	34
5.2. Stadt- und Verkehrsverwaltung und -Politik	36
5.3. Verbraucher*innen und Verkehrssystem	36
5.4. Prüfung und Algorithmen	37
5.5. Schlussfolgerungen	38
6. Anforderungen für Forschungsprojekte und Testfelder	39
6.1. Reflexion der aktuellen Forschung zum AVF mit Blick auf gesellschaftliche Fragestellungen	39
6.2. Themen und Schwerpunkte einer zukünftigen Forschungsagenda mit Blick auf gesellschaftliche Fragestellungen	40
6.3. Anforderungen für Forschungsprojekte und Testfelder hinsichtlich der Erforschung gesellschaftlicher Aspekte und des gesellschaftlichen Dialogs zum AVF	42

7. Reflexion gesellschaftlicher Themen- und Konfliktfelder zum AVF, Ausarbeitung von Lösungsansätzen zur Gestaltung des Dialogs.....	48
7.1. Akzeptanz und Verkehrswirkungen	48
7.2. Wirtschafts- und Innovationsstandort Deutschland	50
7.3. Rahmenbedingungen und Umsetzung.....	51
8. Konzept für den (weiterführenden) gesellschaftlichen Dialog	53
8.1.1. Ziele des gesellschaftlichen Dialogs zum AVF	53
8.1.2. Umsetzung des Dialog-Konzepts, Erkenntnisse aus dem „DiVA“-Dialog	54
8.1.3. Anforderungen an das Dialog-Verfahren	56
9. Fazit.....	58
Literaturverzeichnis	62

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektstruktur	8
Abbildung 2: Stufen der Fahrzeugautomatisierung	12
Abbildung 3: Beispiele für Anwendungsszenarien von AVF im Personenverkehr	14
Abbildung 5: Akteursgruppen im „DiVA“-Dialog	55
Abbildung 7: Anforderungen an ein Dialogverfahren	57

Abkürzungsverzeichnis

AVF	Automatisiertes und vernetztes Fahren
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
DiVA	Gesellschaftlicher Dialog zum vernetzten und automatisierten Fahren
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
MIV	Motorisierter Individualverkehr
OEM	Original Equipment Manufacturer, übersetzt <i>Originalausrüstungshersteller</i> ; in der Automobilindustrie wird „OEM“ als Synonym für Fahrzeughersteller genutzt
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
Pkw	Personenkraftwagen

1. Einleitung

Die Automatisierung und Vernetzung im Verkehr werden umfangreiche Auswirkungen auf Individuen, Gesellschaft, Wirtschaft und Verkehr haben. Einerseits birgt das automatisierte und vernetzte Fahren (AVF) zahlreiche Potenziale, wie z.B. mehr Verkehrssicherheit und Verkehrseffizienz, oder einen gesteigerten Komfort für die Nutzer*innen von Verkehrsmitteln. Andererseits sind damit aber auch Fragen verbunden, die nicht nur technischer Natur sind. So sind Einstellungen und Handeln auf Nutzerseite, die Abschätzung von Wirkungen und die Bewertung von Chancen und Risiken der Technik in unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen, auch im Hinblick auf die Integration automatisierter und vernetzter Fahrzeuge in das bestehende Verkehrssystem, zu berücksichtigen. Vernetztes und automatisiertes Fahren ist daher Bestandteil eines gesellschaftlichen Aushandlungsprozesses. Für die Implementierung der Technik werden die Akzeptanz und die Anforderungen der Gesellschaft entscheidend sein.

1.1. Projektziele

Ziel des Projekts „DiVA – Gesellschaftlicher Dialog zum vernetzten und automatisierten Fahren“ ist es dazu beizutragen, dass ein größtmöglicher gesamtgesellschaftlicher Nutzen aus der Vernetzung und Automatisierung des (Straßen-)Verkehrs gezogen werden kann. Dies geschieht, indem der Dialog mit relevanten Akteuren und Stakeholdern in der Gesellschaft auf eine solide wissenschaftliche Grundlage gestellt und inhaltlich sowie zeitlich strukturiert wird. Damit wird sichergestellt, dass die Technik im Straßenverkehr dazu dient, dem Mobilitätsbedarf der Bevölkerung bestmöglich zu entsprechen, ein effizienteres und nachhaltiges Verkehrssystem zu gestalten, neue Märkte zu beschreiben und den Innovationsstandort Deutschland zu sichern und zu stärken.

1.2. Methodisches Vorgehen

Das Projekt besteht insgesamt aus fünf aufeinander aufbauenden Projektteilen¹, die in Abbildung 1 dargestellt werden. Zunächst wurden in Teil I die Chancen und Risiken des AVF analysiert. In Teil II und Teil III wurden die Anforderungen der Nutzer*innen und unterschiedlicher Stakeholder erfasst, um Bedarfe und Erwartungen aller relevanten Akteure zu analysieren. In Teil IV wurden Anforderungen für künftige Forschungsprojekte und Testfelder zusammen mit Vertretern ausgewählter Projektvorhaben zum AVF ausgearbeitet. In Teil V wurden anschließend Implikationen für den (weiterführenden) gesellschaftlichen Dialog zum AVF aus den Erkenntnissen der vier genannten Projektteile abgeleitet und gesellschaftliche Themen- und Spannungsfelder identifiziert.

¹ Der Arbeitsplan im Projekt unterteilte sich in drei Teilprojekte und insgesamt sieben Arbeitspakete. Zur Verdeutlichung der einzelnen Arbeitsschwerpunkte bzw. der thematischen Einordnung der Arbeiten, wurden die einzelnen Projektteile vereinfacht dargestellt.



Abbildung 1: Projektstruktur

Im Folgenden werden die konkrete Zielsetzung und die methodische Vorgehensweise in den einzelnen Projektteilen bzw. -schritten kurz zusammengefasst.

Projektteil I. Chancen und Risiken des automatisierten und vernetzten Fahrens

Zielsetzung: Das Ziel dieses ersten Projektteils war es, den aktuellen Forschungs- und Wissensstand zu Potenzialen, Herausforderungen und Wirkungen des AVF zusammenzutragen und systematisch aufzubereiten. Diese Zusammenfassung und Aufbereitung diente als Basis für die weiterführenden Analysen der Chancen und Risiken der Technik aus Perspektive relevanter Stakeholder und potenzieller Nutzer*innen im Projektverlauf.

Methodik: Die wesentlichen Erkenntnisse zu relevanten Einfluss- und Wirkungsparametern des AVF aus individueller sowie gesellschaftlicher Sicht wurden aus der Analyse und Synthese von bereits vorhandenen Forschungsergebnissen (u.a. wissenschaftliche Studien, Projektberichte) abgeleitet. Betrachtet wurden sowohl der Personen- als auch der Güterverkehr. Im ersten Schritt wurde ein Überblick über potenzielle Wirkungsbereiche des AVF auf Basis bereits veröffentlichter interdisziplinärer Studien und eigener Arbeiten des DLR erstellt. Die folgenden Wirkungsbereiche des AVF wurden identifiziert: (i) Nutzer und individuelle Mobilität, (ii) Verkehrssystem, (iii) Wirtschaft und Arbeitsmarkt, (iv) Lebensqualität und Umwelt und (v) Stadt- und Raumplanung/-gestaltung. Im zweiten Schritt wurden auf Basis einer umfangreichen weiterführenden Literaturanalyse Wirkungsaspekte des AVF innerhalb der fünf identifizierten Wirkungsbereiche systematisch erfasst und in ihren Zusammenhängen aufbereitet.

Projektteil II. Anforderungen der Nutzer*innen

Zielsetzung: Das Ziel dieses Projektteils war es, Nutzergruppen des AVF mittels der Analyse vorhandener Mobilitätsdatensätze und repräsentativer Erhebung(en) zu typisieren, um daraus den potenziellen Nutzen der Technik aus individueller Sicht für spezifische Nutzergruppen abzuleiten.

Methodik: Der Schwerpunkt der Untersuchungen von (potenziellen) Nutzergruppen des AVF lag auf der Quantifizierung dieser Gruppen und der Analyse ihrer Mobilität und soziodemographischen Eigenschaften². Diese geschah durch die folgenden ausgewählten Datensätze: Statistiken zur Bevölkerung in Deutschland des statistischen Bundesamtes (DESTATIS, 2020a, DESTATIS, 2019), die repräsentative Haushaltsbefragung zum Mobilitätsverhalten „Mobilität in Deutschland 2017“ (BMVI, 2017), Daten zur gewerblichen Fahrzeugnutzung „Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010“ (BMVBS, 2012), Daten zu Neuzulassung und Bestand privater und gewerblicher Fahrzeuge in Deutschland des Kraftfahrt-Bundesamts (KBA)³.

Die Analyse des potenziellen Nutzens und der potenziellen Nutzung automatisierter Fahrzeuge aus individueller Sicht erfolgte anhand von repräsentativen Erhebungen⁴ mit ausgewählten (potenziellen) Nutzergruppen. Im Allgemeinen wurden zwei unterschiedliche Arten von Nutzergruppen untersucht – (i) Personen, die aktuell ein Auto nutzen (können), insbesondere Personen mit einer hohen Fahrleistung und (ii) potenziell neue (automobile) Nutzergruppen bzw. Personen, die aufgrund ihres Alters und/oder Gesundheitszustandes in ihrer Mobilität eingeschränkt sind. Dabei fokussierten sich die Untersuchungen bei der ersten Gruppe auf die konkreten Wege, die die Personen aktuell im Alltag zurücklegen, während für die zweite Gruppe eine explorative Vorgehensweise mit Fokus auf das allgemeine Mobilitätsverhalten gewählt wurde. Grund für diese Gruppierung waren der unterschiedliche Wissenstand über die einzelnen (potenziellen) Nutzergruppen, der im Rahmen der Literaturanalysen herausgearbeitet werden konnte sowie die unterschiedlichen Erfahrungs- und Mobilitätsmuster der einzelnen Gruppen, die aus den nutzergruppenspezifischen mobilitätsbezogenen Analysen hervorgegangen waren. Die Erkenntnisse zum Potenzial des AVF in der Gruppe der mobilitätseingeschränkten Personen (Gruppe (ii)) wurden durch die Ergebnisse einer qualitativen Studie, die im Rahmen des Projekts und einer Abschlussarbeit durchgeführt wurden, angereichert.

Projektteil III. Anforderungen unterschiedlicher Stakeholder

Zielsetzung und Begriffsbestimmung: Ziel dieses Projektteils war es, Erkenntnisse zum gesellschaftlichen Nutzen des AVF und dazu, wie dieser Nutzen optimiert werden kann, zu generieren. Dazu sollten die Anforderungen, Chancen und Risiken sowie die Herausforderungen im Zusammenhang mit dem AVF aus Sicht der *Stakeholder* – Vertreter und Vertreterinnen relevanter gesellschaftlicher Teilsysteme (z.B. Automobilindustrie, Verbraucher, Stadtverwaltung/-administration, etc.) identifiziert werden. Die Erkenntnisse sollten in thematische Handlungsschwerpunkte gegliedert und in Handlungsoptionen zur Einführung und Implementierung des AVF im Sinne einer integrierten Stadt- und Verkehrsplanung überführt werden.

Der Begriff „gesellschaftlicher Nutzen“ wurde zunächst über die Chancen angesichts der Risiken und Herausforderungen des AVF operationalisiert. Ferner wurde das Verständnis zugrunde gelegt, dass der *gesellschaftliche* Nutzen *nicht* als Summe des individuellen Nutzens der verschiedenen gesellschaftlichen Teilsysteme besteht. Vielmehr ergibt sich der gesellschaftliche Nutzen als Ergebnis aus deren Aushandlung und Vereinbarung. Von Interesse waren daher gerade auch die Konfliktlinien und Barrieren für die Vereinbarkeit. An diesen Konfliktlinien wird politischer Handlungs- und Gestaltungsbedarf besonders relevant.

Methodik: Zur Untersuchung dieser Zielstellung wurde ein zweistufiges Erhebungsverfahren angewandt. In der ersten Stufe wurden Interviews mit relevanten Stakeholdern verschiedener gesellschaftlicher Teilsysteme

² Alle Analysen und statistische Angaben beziehen sich auf die Jahre 2017/2018, um eine Vergleichbarkeit mit der aktuellen repräsentativen Befragung „Mobilität in Deutschland“ (BMVI 2017. Daten der Erhebung "Mobilität in Deutschland (MiD)" 2017.) zu ermöglichen.

³ Detaillierte Statistiken zu Neuzulassung und Bestand privater und gewerblicher Fahrzeuge in Deutschland des Kraftfahrt-Bundesamts (KBA) wurden von „Dataforce Verlagsgesellschaft für Business Informationen mbH“ bezogen.

⁴ Ursprünglich war die Durchführung einer repräsentativen Befragung mit dem Ziel aussagekräftige Ergebnisse für die spezifische Nutzergruppen abzuleiten, geplant. Aufgrund der spezifischen Anforderungen und unterschiedlichen, für die Nutzergruppen potenziell geeigneten AVF-Konzepten, wurden jedoch gruppenspezifische Befragungen durchgeführt. Somit konnte das Potenzial bzw. Erwartungen, Anforderungen und Bedenken der einzelnen Nutzergruppen vertieft untersucht werden.

geführt. Die Teilsysteme und die Stakeholder innerhalb dieser Teilsysteme wurden in einer vorhergehenden Analyse identifiziert. In der zweiten Stufe kam eine partizipative Erhebungsmethode zum Einsatz. Teilnehmende waren die ermittelten Stakeholder, und zwar überwiegend solche, die bereits in der ersten Stufe befragt worden waren. Das Ziel der zweiten Stufe war es, die Ergebnisse aus der Interview-Befragung, Teilsystem-übergreifend und im Kreis der anderen Stakeholder diskursiv und iterativ zu überprüfen, zu ergänzen und zu konsolidieren. Das Erhebungsverfahren eignete sich somit auch dazu, Potenziale zur Aushandlung und Vereinbarkeit auszuloten.

Projektteil IV. Anforderungen für Forschungsprojekte und Testfelder

Zielsetzung: Die Ziele dieses Projektteils bestanden darin, eine Vernetzung von Projektverantwortlichen sowie einen projektübergreifenden Wissenstransfer herzustellen und Anforderungen und Handlungsempfehlungen für künftige Forschungsprojekte zum AVF auf Basis der gesammelten Erfahrungen abzuleiten. Dabei sollten die Projektvorhaben im Themenfeld dahingehend untersucht werden, in welcher Weise sie die gesellschaftliche Akzeptanz der Technik beeinflussen und gleichzeitig zu einer gesellschaftlichen Akzeptanz beitragen können. Im Fokus der Arbeiten standen die folgenden Schwerpunkte:

Thematische Kategorisierung der aktuellen Forschung zum AVF: Erfassung des Status-quo durch eine systematische Analyse und Kategorisierung der Projektschwerpunkte nach Themenbereichen mit Fokus auf gesellschaftlichen Fragestellungen.

Entwicklung eines Forschungsleitfadens mit Blick auf gesellschaftliche Fragestellungen: Ableitung eines Forschungsleitfadens mit Fokus auf gesellschaftliche Aspekte des AVF auf Basis von im Projektverlauf identifizierten Forschungslücken.

Anforderung für zukünftige Projekte: Ableitung von Anforderungen für Forschungsprojekte und Testfelder hinsichtlich der Erforschung gesellschaftlicher Aspekte des AVF, der Rolle des gesellschaftlichen Dialogs in Projekten und des Austausches zwischen Projekten.

Methodik: Für die Erfassung des Status-quo bzw. zum Erhalt eines Überblickes über die behandelten Themenfelder, Fragestellungen und angewandten Methoden im Projektvorhaben wurden Projektskizzen von Projektvorhaben systematisch gesichtet und analysiert. Dabei wurden im Rahmen von DiVA ausschließlich Projektvorhaben, die durch das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) gefördert wurden, analysiert. Die Methodik der Analyse ist allerdings durchaus auf weitere Projektvorhaben übertragbar.

Der Überblick über den aktuellen Stand der Erkenntnisse im Bereich des AVF sowie weitere projektübergreifende relevante Fragestellungen in Bezug auf gesellschaftliche Akzeptanz des AVF wurden im Rahmen von zwei Arbeitstreffen mit Vertretern laufender Projektvorhaben in diesem Themenfeld ausgearbeitet. Dabei wurde zum einen ein Forschungsleitfaden mit thematischen Schwerpunkten, Fragestellungen und geeigneten Methoden erarbeitet. Zum anderen wurden Herausforderungen für die Untersuchung der gesellschaftlichen Fragestellungen sowie Lösungsansätze diskutiert. Nicht zuletzt wurde im Rahmen der Arbeitstreffen die Rolle eines Dialogs bei Projektvorhaben und auf Testfeldern sowohl mit der Gesellschaft als auch zwischen Projektvorhaben diskutiert und Handlungsschwerpunkte diesbezüglich abgeleitet.

Projektteil V. Konzept für den (weiterführenden) gesellschaftlichen Dialog

Die im Projekt durchgeführten Erhebungen und Analysen bildeten die Grundlage für den Konzeptentwurf für einen gesellschaftlichen Dialog. Eingeflossen sind die Ergebnisse aus der Stakeholderbeteiligung (Projektteil III), der Literaturanalyse (Projektteil I), des Projektdialogs (Projektteil IV) und der Nutzerbefragungen (Projektteil II; siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Mithilfe verschiedener Instrumente wurden die Interessen und Anforderungen verschiedener Akteursgruppen untersucht, diese ins Verhältnis gesetzt und ein Austausch im Rahmen von Beteiligungsformaten mit Vertreter*innen dieser Interessen und Anforderungen erreicht.

Der im Rahmen der Abschlussveranstaltung des Projekts veranstaltete Dialog-Workshop trug zur weiteren Ergänzung und Abrundung des Dialogkonzeptes bei. Zum einen insofern, als die im Projekt identifizierten relevanten Akteursgruppen und Themenschwerpunkte sowie das Konzept selbst zur Diskussion gestellt wurden. Zum anderen wurde ein Dialogprozess unter den Teilnehmer*innen durchgeführt, bei dem sich diese in „Dialog-Gruppen“, moderiert durch eine*n Wissenschaftler*in aus dem Projektteam, zu Interessen, Anforderungen und Konfliktpotenzialen ausgetauscht haben und sich dann auf gemeinsame Positionen verständigen mussten, welche schließlich im Plenum gegenseitig vorgestellt und zur Diskussion gestellt wurden.

Abgesehen von den Nutzerbefragungen waren die genannten Erhebungen als Beteiligungsformat konzipiert. Sie lassen sich als praktische Erprobung eines gesellschaftlichen Dialogs verstehen. Auch die Fehlstellen und Desiderate für einen idealen Dialog wurden in der Erprobung deutlich. Vor diesem Hintergrund konnten die Anforderungen an ein wünschenswertes Verfahren des gesellschaftlichen Dialogs und Gütekriterien erarbeitet und verschärft werden.

Einen zentralen Stellenwert im Dialogkonzept haben die Konflikt- und Synergiepotenziale erhalten, die sich in Bezug auf die verschiedenen Interessen und Anforderungen der beteiligten Akteursgruppen zeigten. Zwar wird auch ein Dialog kaum bewirken, dass sich Unterschiede und Widersprüche auflösen. Er kann aber dazu beitragen, Konflikte und Gemeinsamkeiten explizit und transparent zu machen, Prioritäten und mögliche Zugeständnisse herauszuarbeiten und zudem geeignete Handlungspfade aufzuzeigen. So kann der Dialog den Entscheidungsträger*innen eine Grundlage bieten, eine qualifizierte und gesellschaftlich akzeptable Abwägung und Entscheidungsfindung zu leisten.

1.3. Abgrenzung individuelle und gesellschaftliche Akzeptanz im Projekt

Wie bereits im vorherigen Berichtsteil angedeutet, wurde im Rahmen des Projekts DiVA eine Abgrenzung zwischen individueller und gesellschaftlicher Akzeptanz herausgearbeitet. Im Projektvorhaben sowie in der Kommunikation zum AVF werden beide Begriffe häufig entweder als Synonym verwendet oder als zusammenhängende Begriffe – gesellschaftliche Akzeptanz wird dabei als die Summe des individuellen Nutzens aufgefasst. Aus Sicht des Projektteams lässt sich allerdings die folgende Unterscheidung in den Definitionen ausarbeiten:

Individuelle Akzeptanz ist die Akzeptanz der Technik seitens *einer* Person (oder Akteursgruppe) vor dem Hintergrund *eigener* Interessen.

Gesellschaftliche Akzeptanz ist das Ergebnis eines Aushandlungsprozesses zu akzeptablen Lösungen unter Berücksichtigung *unterschiedlicher* Interessen.

Diese Unterscheidung wurde den Arbeiten im Rahmen des Projekts in Bezug auf die Entwicklung eines Konzepts für den gesellschaftlichen Dialog zum AVF zugrunde gelegt und wird daher an dieser Stelle aufgeführt.

2. Aktueller Stand des Einsatzes des automatisierten und vernetzten Fahrens

Eine hohe Stufe der Automatisierung ist im Luft-, See- und Schienenverkehr bereits seit Jahren gängig. Im Straßenverkehr werden zwar immer fortgeschrittenere Fahrassistenzsysteme eingesetzt, allerdings beinhaltet die hohe bis volle Automatisierung der Straßenfahrzeuge aufgrund der höheren Komplexität des Straßenverkehrs und der Interaktion mit verschiedenen Verkehrsteilnehmenden deutlich mehr Herausforderungen als in den anderen Verkehrsbereichen und ist daher im öffentlichen Raum noch nicht umgesetzt. Die Vision für ein selbstfahrendes Fahrzeug ist nicht neu, und die Einführung eines solchen Straßenfahrzeuges ist in den letzten Jahren verstärkt in den Mittelpunkt der fachlichen und öffentlichen Diskussion gerückt, da durch die fortgeschrittene Technikentwicklung und die zunehmende Digitalisierung diese Vision nun realisierbar erscheint.

2.1. Definition von automatisierten und vernetzten Fahren

Automatisiertes Fahren: Die Automatisierung von Fahrzeugen erfolgt stufenweise. In den zumeist verwendeten Klassifikationen (siehe Abbildung 2) werden vier bis fünf Automatisierungsstufen, je nachdem welche Fahraufgaben von dem Fahrer bzw. dem System übernommen werden, unterschieden. Es wird dabei zwischen keiner Automation (Level 0), assistiertem und teilautomatisiertem Fahren (Level 1 und 2), hochautomatisiertem Fahren bzw. vollautomatisiertem Fahren in konkret definierten Anwendungsszenarien (Level 3 und 4) und vollständig automatisiertem Fahren bzw. Fahrerlosem Fahren (Level 5) unterschieden (VDA, 2015, SAE, 2019, Gasser et al., 2012, NHTSA).







						
	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
VDA	Driver only	Assistiert	Teil-automatisiert	Hoch-automatisiert	Voll-automatisiert	Fahrerlos
SAE (J3016)	No automation	Driver assistance	Partial automation	Conditional automation	High automation	Full automation
BAST	Driver only	Assisted	Partially automated	Highly automated	Fully automated	-
NHTSA	0	1	2	3	3/4	

Abbildung 2: Stufen der Fahrzeugautomatisierung

Während die Levels 1 und 2 zur Unterstützung des Fahrers bzw. der Fahrerin dienen, ermöglicht eine Automatisierung ab dem Level 3 den Nutzer*innen eine mindestens temporär begrenzte Abgabe der Fahr- und Überwachungsaufgabe an das Fahrzeug. Auf Level 3 muss der Fahrer noch bereit sein, die Fahraufgaben wieder zu übernehmen, wenn für das Fahrzeug unlösbare Situationen eintreten. Ab Level 4 wird das in spezifischen Anwendungsszenarien, wie z.B. auf der Autobahn oder beim Einparken, nicht mehr nötig sein, kann jedoch in den nicht definierten Anwendungsszenarien trotzdem noch auftreten. Ab Level 5 entfallen sämtliche Fahr- und Überwachungsaufgaben.

Da ab Level 3 komplexe Fahr- und Überwachungsaufgaben von der Technik übernommen werden, steht die Umsetzung und Zulassung dieser Automatisierungsfunktionen noch vor einigen technischen und rechtlichen Herausforderungen. Gleichzeitig ergeben sich erst ab den höheren Automatisierungsstufen spürbare Vorteile für die Nutzer*innen, die zu potenziellen Änderungen des Mobilitätsverhaltens führen, weshalb die Untersuchung der Nutzerakzeptanz und die potenzielle Nutzung solcher Fahrzeuge im Fokus der Analysen

zu Auswirkungen des automatisierten Fahrens stehen.

Vernetztes Fahren: Das vernetzte Fahren basiert auf der Kommunikation zwischen Fahrzeugen (*Vehicle-to-Vehicle* Kommunikation; abgekürzt: V2V), zwischen einem Fahrzeug und der Infrastruktur (*Vehicle-to-Infrastructure* Kommunikation; abgekürzt: V2I) oder zwischen einem Fahrzeug und einer damit vernetzten (Internet)Plattform (V2X Kommunikation).

Über diese technische Kommunikation können Daten und Informationen, die für die Optimierung des Fahrverhaltens und die Verkehrssicherheit relevant sind, in Echtzeit übermittelt und verarbeitet werden. Beispiele hierfür sind Verkehrsinformationen über Ampelphasen und Baustellen oder generell Informationen über Gefahrensituationen, wie z.B. Unfälle, Pannenfahrzeuge oder Stauenden entlang der Route. Darüber hinaus kann die zunehmende Vernetzung zu einer Verbesserung des Fahrerlebnisses beitragen, indem dem Nutzer Infotainment-Angebote während der Fahrt angeboten werden. Die Vernetzung kann auch einen höheren Komfort und eine Zeitersparnis für die Nutzer der Technik bieten, z.B. kann das Fahrzeug in einem Parkhaus selbstständig einen zugewiesenen Parkplatz finden und selbst einparken. Gleichzeitig steigen mit zunehmender Vernetzung der Fahrzeuge und die dadurch entstehenden Daten- und Informationsströme auch die Anforderungen an Datenschutz und Datensicherheit.

Kombination zwischen automatisiertem und vernetztem Fahren: Das automatisierte und das vernetzte Fahren sind zwei Technologien, die sich unabhängig voneinander entwickeln; dabei kann ein Fahrzeug auf Basis der Information der On-board-Sensortechnik autonom fahren oder den Fahrer bzw. die Fahrerin eines vernetzten Fahrzeugs durch die Bereitstellung der verarbeiteten Informationen unterstützen. Allerdings sehen Experten viele Vorteile in Bezug auf Sicherheit, Effizienz und Komfort durch die Verbindung der Technologien, da beide allein spezifische Einschränkungen aufweisen, die in der Verbindung miteinander minimiert werden können.

2.2. Einführungsszenarien und Anwendungsformen im Personen- und Güterverkehr

Der Stand der Entwicklung und des Einsatzes des AVF ist im Personen- und Güterverkehr sehr unterschiedlich. Daher werden beide Bereiche im Folgenden separat betrachtet.

Einführungsszenarien und Anwendungsformen im Personenverkehr: Bisher existieren in der Literatur unterschiedliche Kategorisierungen und Definitionen von Einführungsszenarien des AVF. Die im Rahmen des Projekts DiVA genutzte Kategorisierung unterscheidet zwischen den folgenden drei Szenarien: das evolutionäre, das revolutionäre und das transformative Szenario (Fraedrich et al., 2015, Beiker, 2015). Die drei Szenarien spiegeln die in der Fachwelt diskutierten Einführungsstrategien wider. Im *evolutionären Szenario* werden Assistenzsysteme in privaten Fahrzeugen sukzessiv verbessert bzw. der Automatisierungsgrad der privaten Fahrzeuge wird schrittweise ausgebaut. Im *revolutionären Szenario* wird die Nutzung eines Fahrzeugs radikal verändert und neue Mobilitätsanbieter nehmen einen bedeutsamen Marktanteil ein. Im *transformativen Szenario* findet ein Zusammenwachsen von Individualmobilität und öffentlichem Personentransport statt bzw. bei diesem Szenario geht es bspw. um Angebote für die sogenannte „erste und letzte Meile“, die den öffentlichen Personentransport komplementieren. Die drei Szenarien können Synergien untereinander nutzen anstatt zu konkurrieren und können sich daher parallel zueinander einstellen. Darüber hinaus können sich alle drei Szenarien mit unterschiedlichem Tempo entwickeln und sich dabei gegenseitig beeinflussen.

Aus den unterschiedlichen Automatisierungsstufen und Einführungsszenarien ergeben sich unterschiedliche Anwendungsformen des AVF. Abbildung 3 stellt drei beispielhafte Anwendungsmöglichkeiten dar. Beim privaten autonomen Auto geht es um ein autonomes Fahrzeug in Privatbesitz und -nutzung. Dabei gibt es wenige Unterschiede zum heutigen Fahrzeugbesitzmodell. Die Automatisierung der Privatfahrzeuge erfolgt stufenweise und entspricht dem evolutionären Szenario. Das System übernimmt auf jeder Automatisierungsstufe immer komplexere Fahr- und Parkaufgaben, woraus sich unterschiedliche Anwendungsfälle entwickeln können (z.B. *Highway/* Autobahn Chauffeur, automatisiertes *Valet Parking* etc.). Diese Anwendungsfälle bzw. *Use Cases* sowie deren voraussichtlicher Markteintritt werden in

existierenden Roadmaps zum AVF (z.B. Dokic, 2015, VDA, 2015, ETRAC, 2015) beschrieben. Aufgrund der hohen Dynamik bzw. noch großen Herausforderungen und Unsicherheiten in der Entwicklung der technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen des AVF unterscheiden sich die Einführungszeitpunkte in den Roadmaps voneinander und werden immer wieder aktualisiert.

Das private autonome Auto



Das kommerzielle autonome Auto auf Bestellung (Robotaxi)



Der autonome Kleinbus auf Bestellung für Erste-/Letzte Meile Fahrten



Abbildung 3: Beispiele für Anwendungsszenarien von AVF im Personenverkehr

Beim kommerziellen autonomen Auto geht es um ein Fahrzeug, das von einem Mobilitätsdienstleister gegen Nutzungsgebühr zur Verfügung gestellt wird (häufig werden solche Angebote wie folgt genannt: Robotaxi, geteilte autonome Fahrzeuge, auf Engl. *Shared autonomous vehicle*, SAV, oder autonomes Fahrzeug auf Bestellung bzw. auf Abruf; auf Engl. *Vehicle on Demand*, VoD). Dabei kombiniert der Service Konzepte wie Taxi, Mietwagen und Carsharing, jedoch mit dem Vorteil deutlich geringerer Kosten – vor allem aufgrund des Wegfalls von Personalkosten – und erleichterter Zugangsbedingungen. Ergänzend können Fahrten in einem Robotaxi mit anderen Fahrgästen mit ähnlichem Start- und Zielort geteilt werden (*Ridepooling*). Dabei werden die Kosten für die Fahrt geteilt, es müssen jedoch unter Umständen Umwege zur Abholung der weiteren Fahrgäste in Kauf genommen werden. Die Einführung der verschiedenen dargestellten Konzepte entspricht dem vorgestellten revolutionären Szenario.

Beim dritten Anwendungsszenario geht es um einen autonomen Kleinbus, der Personen an ihren individuellen Positionen aufnimmt und sie zu Verkehrsknotenpunkten fährt bzw. von Verkehrsknotenpunkten zu individuellen Zielorten bringt. Solche Konzepte entsprechen Anwendungen, die im Rahmen des transformativen Szenarios entstehen.

Einführungsszenarien und Anwendungsformen im Güterverkehr: Auch im Güterverkehr ist das AVF in den vergangenen drei bis fünf Jahren als Technologietrend in den Mittelpunkt der öffentlichen Debatte gerückt. Mögliche Anwendungsfelder von Automatisierungstechnologien im Straßengüterverkehr lassen sich strukturell darin unterscheiden, ob die Fahrt individuell oder als Verbundfahrt stattfindet; weiterhin können diese Fahrten jeweils mit oder ohne Fahrer durchgeführt werden. Wenn der Güterverkehr in Fernverkehr und Nahverkehr eingeteilt wird, ergeben sich insgesamt acht mögliche Einsatzfelder zur Automatisierung der Fahraufgabe in logistischen Prozessketten. Diese Einsatzfelder sind in Tabelle 1 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt.

Tabelle 1: Einsatzfelder vom AVF im Güterverkehr

	Individuelle Fahrt		Verbundfahrt	
	mit Fahrer	ohne Fahrer	mit Fahrer	ohne Fahrer
Einsatzfelder im Fernverkehr	<ul style="list-style-type: none"> Status Quo (mit Fahrerassistenzsystemen unterstützt) 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Vehicle on Demand</i> als Autobahnfahrt mit freier Navigation des Fahrzeugs 	<ul style="list-style-type: none"> Autobahnpilot und freier Navigation des Fahrzeugs 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Vehicle on Demand</i> als Autobahnfahrt im selbst-organisierten <i>Platoon</i> Vollautomat mit Verfügbarkeitsfahrer
Einsatzfelder im Nahverkehr (überwiegend im urbanen Umfeld)	<ul style="list-style-type: none"> Status Quo (mit Fahrerassistenzsystemen unterstützt) 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Self-driving parcel</i> Mobile Abholstationen <i>Valet-Parken</i> Automatische Fahrt vom Warte- zum Einsatzbereich (z.B. Rampen-, Baustellen, Terminalanfahrt) 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Follow-me</i> Fahrzeug Automatisierte Fahrt im Stadtverkehr 	<ul style="list-style-type: none"> Fahrt zum Distributionsgebiet

Konkrete Anwendungen in diesen Einsatzfeldern wären von Unternehmen umzusetzende Geschäftsmodelle. Für Einsatzfelder *im Fernverkehr* sind Verbundfahrten mit und ohne Fahrer denkbar. Würde eine Verbundfahrt (*Platooning*) mit Fahrer durchgeführt, könnte dieser Fahrer theoretisch neuartige Aufgaben während der Fahrt übernehmen, bspw. Aufgaben, die bisher durch das Fachpersonal im Büro der Logistikunternehmen durchgeführt werden⁵. Ein denkbare Szenario ist auch, dass ein Fahrer mehrere Fahrzeuge durch elektronische Kopplung steuert und damit quasi zum Zugführer auf der Straße wird. Weiterhin gibt es die Vision, dass Fahrzeuge auf Abruf (*on demand*) verfügbar sind. Dies wäre eine Erweiterung von bestehenden Plattformkonzepten wie Frachtbörsen, bei denen die Vermittlung von Beförderungsdienstleistung sowie Fahraufgabe automatisiert stattfinden würden (Flämig, 2015, Bhoopalam et al., 2017).

Wenn Automatisierungstechnologien die Fahraufgabe im Stadtverkehr übernehmen würden, kann der Fahrer (bzw. dann Transportbegleiter) beispielsweise organisatorische Aufgaben während der Fahrt durchführen. Solche Aufgaben können darin bestehen, dass Fahrzeuge im Konvoi in die Nähe des Distributionsgebietes geführt werden und von dort aus von Transportbegleitern für die letzte Meile übernommen werden könnten. Ebenfalls ist – als ein spezifisches Szenario – denkbar, dass das Fahrzeug automatisch parkt, während die Paketzustellung durch den Fahrer/Transportbegleiter erfolgt. Die automatische Zustellung von Paketen durch Kleinfahrzeuge in Fußgängerzonen oder von mobilen Abholstationen sind weitere denkbare Einsatzfelder, wobei letztere sowohl als Station für mehrere Empfänger als auch zur individuellen Paketzustellung eingesetzt werden könnten. Eine weitere Einsatzmöglichkeit ist das sogenannte „Valet-Parken“, bei dem ein Fahrroboter das Fahrzeug an einen im Vorfeld zugewiesenen freien Parkplatz autonom navigiert (Flämig, 2015). Anwendungsbereiche hierfür wären Anlieferzonen von Industrie und Handel, Baustellen, Containerterminals.

⁵ Potenzielle Szenarien werden im durch das BMVI geförderten Projekt „ATLaS – Automatisiertes und vernetztes Fahren in der Logistik. Chancen für mehr Wertschöpfung“ detailliert untersucht. An diese Stelle wird als weiterführende Quelle auf den folgenden Projektbericht verwiesen: Flämig, H., Lunkeit, S., Fieltsch, P., Müller, S., Thaller, C., Liedtke, G., Voigtländer, F., und Janke, Ch. 2020. ATLAS – Automatisiertes und vernetztes Fahren in der Logistik. Chancen für mehr Wertschöpfung. Projektbericht des Verbundvorhabens. Januar 2020, Hamburg.

3. Chancen und Risiken des AVF

Kernerkenntnis 1: AVF erzeugt unterschiedliche Effekte: direkte Effekte, indirekte Effekte, Rebound-Effekte.

Kernerkenntnis 2: Die Definition von gesellschaftlichen Zielen und die Entwicklung einer Zukunftsvision müssen Hand in Hand mit der Technikentwicklung gehen.

Die potenziellen Auswirkungen des AVF sind unterschiedlich und komplex. Zum einen erwarten Expertinnen und Experten verschiedene *direkte* positive Effekte von der Einführung der Technik auf das Verkehrssystem, die auch wesentliche Treiber hinter der Förderung der Technikentwicklung sind. Beispiele hierfür sind einerseits erhöhte Sicherheit im Verkehr durch Vermeidung menschlicher Fehler bspw. aufgrund schnellerer Reaktionszeiten oder Kapazitätserhöhung der Verkehrsinfrastruktur aufgrund einer abgestimmten Fahrweise und der Möglichkeit zur Verkleinerung des Sicherheitsabstands zwischen den Fahrzeugen im fließenden Verkehr. Zum anderen sind nachgelagert verschiedene *indirekte* Effekte zu erwarten. Ein Beispiel für positive indirekte Effekte sind Flächengewinne, die dadurch entstehen können, dass Fahrzeuge, die auf Abruf im Rahmen von Mobilitätsdiensten als Ersatz privater Fahrzeuge angeboten werden, fortlaufend im Einsatz sein können und dadurch den Parkplatzbedarf in Städten reduzieren können. Gleichzeitig sind neben *direkten* und *indirekten* Effekten auch systemische Auswirkungen zu erwarten – beispielsweise Rebound-Effekte wie die Steigerung von Emissionen durch vermehrte MIV-Nutzung aufgrund der gestiegenen Attraktivität von und Zugang zum motorisierten Individualverkehr (MIV) durch das AVF.

Je nachdem, in welche Richtung die Effekte gehen (positiv oder negativ) und welches Ausmaß die Auswirkungen haben, lassen sich Chancen und Potenziale bzw. Risiken und Herausforderungen, die im Zusammenhang mit der Entwicklung und Implementierung der Technik stehen, ableiten. Im Folgenden werden die wesentlichen Erkenntnisse dazu aus der Literatur und der aktuellen fachlichen Diskussion dargestellt⁶.

Wie zuvor bereits erwähnt, sind der Stand der Entwicklung und des Einsatzes des AVF im Personen- und Güterverkehr sehr unterschiedlich. Darüber hinaus unterscheiden sich die Einführungsszenarien und Einsatzmöglichkeiten in beiden Bereichen deutlich voneinander. Daher werden nachfolgend auch die Auswirkungen in den zwei Verkehrsbereichen getrennt betrachtet. Dabei wird bei beiden Verkehrsbereichen zwischen den folgenden Wirkungsbereichen des AVF unterschieden: (i) Nutzer und individuelle Mobilität, (ii) Verkehrssystem, (iii) Wirtschaft und Arbeitsmarkt, (iv) Lebensqualität und Umwelt, (v) Stadt- und Raumplanung/-gestaltung.

3.1. Auswirkungen im Personenverkehr

3.1.1. (Geänderte) Charakteristiken der Technik und des Verkehrsangebotes

Bevor die Auswirkungen des AVF diskutiert werden, soll zunächst kurz dargestellt werden, welche Änderungen in den Eigenschaften der Technik, aber auch des Verkehrsangebotes durch die Automatisierung und Vernetzung des Straßenverkehrs konkret zu erwarten sind, und was diese für die Nutzung von Fahrzeugen und anderen neuartigen Mobilitätsoptionen bedeutet.

Ab dem Level 3 übernimmt die Technik komplexe Fahr- und Überwachungsaufgaben. Somit ergeben sich erst ab dieser Automationsstufe spürbare Vorteile für die Nutzer*innen, die zu potenziellen Änderungen des Mobilitätsverhaltens führen können. Die **Level 3-Automatisierung** ermöglicht die Übergabe der Fahraufgabe an das Fahrzeug in spezifischen Kontexten (z.B. im Stau) und der Fahrer bzw. die Fahrerin darf

⁶ Eine ausführliche Darstellung der Literaturanalyse ist im folgenden Bericht zu finden: Kolarova et al. „Potenziale, Herausforderungen und Wirkungen des automatisierten und vernetzten Fahrens“ aus der Reihe „Arbeitsberichte zur Verkehrsforschung“, ISSN: 2513-1699, DLR. (noch nicht veröffentlicht)

bis zu einer Übernahmeaufforderung die Aufmerksamkeit vom Verkehrsgeschehen abwenden. Die Nutzer*innen können in solchen Situationen anderen Tätigkeiten nachgehen, wodurch sich die physische Beanspruchung und der im Stau empfundene Stress verringern und die Unfälle durch menschliche Fehler reduziert werden können (Robertson et al., 2016, Bansal et al., 2016). Gleichzeitig entstehen neue Gefahren, da der Fahrer bei einer nötigen Wiederübernahme mit der Situation überfordert werden könnte (Wolf, 2015).

Bei der **Level 4-Automatisierung** entfällt in solch einem spezifischen Anwendungsszenario (z.B. auf der Autobahn) die Übernahmeaufforderung und daher auch die negativen Aspekte, die damit verbunden sind; außerhalb des definierten Szenarios besteht allerdings immer noch die Notwendigkeit, die Fahraufgabe zu übernehmen. Die Fahrer*innen müssen daher nach wie vor fahrtüchtig sein und einen Führerschein besitzen. Die Vorteile, die sich durch die Level 4-Automation für die Nutzer*innen ergeben, können u.a. Zeitgewinn für andere Aktivitäten während der Fahrt und Komfortsteigerung sein (Trommer et al., 2016, Cyganski et al., 2015). Auch eine effiziente und weniger umweltbelastende Fahrweise, Reduktion der erforderlichen Sicherheitsabstände zwischen Fahrzeugen oder eigenständige Parkvorgänge gehören zu den Vorteilen dieser Automatisierungsstufe für die einzelnen Nutzer*innen, aber auch für den Verkehr insgesamt.

Ab der **Level 5-Automatisierung** entfallen die Notwendigkeit und die Möglichkeit der Steuerung gänzlich und in allen Anwendungsszenarien. Damit können die Einstiegshürden für die individuelle Nutzung des Autos sinken, da Fahrtüchtigkeit, Fahreignung und Fahrerlaubnis nicht mehr erforderlich sind. Nutzergruppen, die aktuell kein Auto fahren wollen, können oder dürfen, bekommen auf diese Weise einen Zugang zu individueller Mobilität. Die Level 5-Automatisierung ermöglicht auch neue Mobilitätsangebote, wie das autonome Auto auf Bestellung oder autonome Fahrzeuge (z.B. Kleinbusse) für die erste/ letzte Meile (Lenz and Fraedrich, 2015). Die Nutzer*innen dieser Angebote können individuell und flexibel unterwegs sein und neue oder bisher notwendigerweise mit anderen Verkehrsmitteln zurückgelegte Strecken individuell zurücklegen. Darüber hinaus bietet die höchste Automatisierungsstufe Potenziale für die Optimierung des gesamten Verkehrs und eine flexible Nutzung des vorhandenen Straßennetzes, z.B. durch adaptive Fahrspuren.

Über alle Automatisierungsstufen hinweg können durch **die zunehmende Vernetzung** sogenannte Infotainment-Angebote im Fahrzeug angeboten werden. Diese Angebote, wie das „Surfen“ im Internet, das Anschauen von Videos und Filmen oder die Nutzung sozialer Netzwerkdienste, die bisher nicht erlaubte (oder ausführbare) Tätigkeiten beinhalten, werden in Kombination mit dem autonomen Fahren ermöglicht und können weitere Bedürfnisse von Nutzern, neben der Mobilität, erfüllen (Fraedrich, 2017, Fraedrich et al., 2017).

Darüber hinaus können **automatisierte und vernetzte Fahrzeuge** die Gesamtreisezeit und die Kosten für die Nutzung eines Fahrzeugs verändern, wobei die Richtung und Höhe einiger dieser Änderungen noch unklar ist. Zeitgewinne ergeben sich voraussichtlich durch das Wegfallen von Zu- und Abgangszeiten⁷, wobei diese auch vor allem Komfortvorteile bringen könnten, wenn man voraussichtliche Wartezeiten auf das Fahrzeug (vom Parkplatz zum gewünschten Abholstandort) miteinrechnet. Es werden zusätzliche Kosten für die Ausstattung der Fahrzeuge sowohl im Privatbesitz als auch in geteilten Flotten (z.B. Sensoren, automatisierte Kontrollfunktionen, Software, Server und Energie, etc.) und den Betrieb bzw. damit verbundene Dienstleistungen (z.B. Fahrzeugreinigung, Sicherheit, Flottenmanagement etc.) anfallen (Litman, 2018). Allerdings könnten diese für private Fahrzeuge in den Jahren nach der Einführung der Technik stetig sinken und durch die voraussichtlich geringeren Versicherungsbeiträge bis 2035 beinahe vergleichbar zu den Kosten eines konventionellen Fahrzeugs werden (Trommer et al., 2016). Die Kosten für die Nutzung eines geteilten autonomen Fahrzeugs können aufgrund des Wegfallens von Parkgebühren und des Teilens der anfallenden Fahrkosten zwischen mehreren Nutzer*innen vergleichbar oder sogar geringer als die Preise des

⁷ In den höchsten Automatisierungsstufen sind Einsatzszenarien denkbar, bei denen das Fahrzeug die Nutzer zu einem gewünschten Ort fährt bzw. sie wieder von diesem (oder anderen gewünschten) Ort abholt. Nachdem die Nutzer das Fahrzeug verlassen haben, sucht das Fahrzeug selbstständig einen Parkplatz. Somit fallen Zu- und Abgangswege vom Zielort zum Auto bzw. andersherum weg.

ÖPNV in urbanen Gebieten sein. Schätzungen zufolge werden dabei Gebühren von 0,30-0,35€/km erwartet – in urbanen Gebieten sogar nur 0,10-0,15€/km, was auf die breite Verfügbarkeit und hohe Auslastung der Fahrzeuge in dem vorgestellten Szenario zurückzuführen ist (Trommer et al., 2016, Fraedrich et al., 2017). Auch hier sollten allerdings zusätzliche Kosten für die Flottenbetreiber mitbedacht werden, wie etwa Kosten für die Reinigung der Fahrzeuge (Bösch et al., 2018).

3.1.2. Nutzer*innen und individuelle Mobilität

Die oben beschriebenen Eigenschaften der Technik bzw. des Mobilitätsangebotes führen auf der Nachfrageseite zu folgenden Änderungen: Neubewertung des Produkts Auto, Erweiterung des Nutzerkreises des Autos als Verkehrsmittelalternative sowie die Möglichkeit zur Nutzung eines Autos auf Abruf (bzw. nach Bedarf) ohne die Notwendigkeit, es zu besitzen (ähnlich wie die heute verfügbaren Carsharing- und Taxi-Konzepte). Diese Änderungen werden voraussichtlich maßgeblich das Mobilitätsverhalten der Nutzer beeinflussen, insbesondere die individuellen Modalwahlpräferenzen, die zurückgelegten Reisedistanzen und die Fahrzeugbesitzverhältnisse bzw. -raten.

Potenzielle (neue) Nutzergruppen: Die Automatisierungsstufen 3 und 4 können den Fahrer von der Fahraufgabe entlasten, allerdings nur in konkreten Anwendungsszenarien. Besonders vorteilhaft kann das automatisierte Fahren in stressigen oder aber auch in unterfordernden bzw. routinierten/ monotonen Fahrsituationen sein, z.B. auf täglichen Pendelwegen, langen Autobahnfahrten, im Stauverkehr oder bei der Parkplatzsuche (Sommer, 2013, Becker and Axhausen, 2017). Nutzergruppen, die unmittelbar davon profitieren können, sind Personen mit einer hohen Jahresfahrleistung, wie z.B. Langstreckenpendler oder Dienstwagenfahrer. Die Nutzenaspekte, die am häufigsten diskutiert werden, sind dabei die Entlastung von dem Stress im (Berufs-)Verkehr sowie die Möglichkeit für alternative Zeitnutzung (beispielsweise Telearbeit im Fahrzeug).

Die höchste Automatisierungsstufe (Level 5) kann zusätzlich Personen, die heutzutage nicht fahren können, dürfen oder wollen, einen Zugang zu individueller (Auto-)Mobilität ermöglichen. Dazu gehören Personen mit körperlichen Einschränkungen, ältere Personen, deren Seh- und Hörvermögen altersbedingt beeinträchtigt sind, sowie Kinder und Jugendliche. Die Vorteile für diese Personengruppen können unter anderem Unabhängigkeit, bessere Erreichbarkeit von Versorgungsmöglichkeiten sowie Reduktion potenzieller sozialer Isolation sein (Trommer et al., 2016, Harper et al., 2016, Anderson et al., 2014).

Zusammenfassend können je nach Nutzergruppen verschiedene Vorteile der Technik sowie Anforderungen an die Technik und das Angebot definiert werden. Allerdings spielen für die Akzeptanz automatisierter und vernetzter Fahrzeuge eine Reihe weiterer individueller und kontextbezogener Faktoren eine wichtige Rolle, weshalb die Untersuchung des Umfangs des Nutzens für spezifische Personengruppen, aber auch für einzelne Nutzer sowie die daraus resultierenden Auswirkungen auf deren Mobilität notwendig ist.

Reisezeitbewertung (Value of Time)⁸: Das automatisierte Fahren wird potenziell die Bewertung der Reisezeit verändern, da der Fahrer von der Fahr- und Aufsichtsaufgabe entlastet wird und anderen Tätigkeiten während der Fahrt nachgehen kann. Zusätzlich können Fahrer komfortabler reisen, vor allem da sie nicht mehr das Lenkrad oder die Bremse betätigen müssen. Wie sich die Bewertung der Reisezeit verändert, wird in Forschungsarbeiten entweder in Simulationen anhand plausibler Annahmen (z.B. Childress et al., 2015, Gucwa, 2014, Kröger et al., 2016) oder in empirischen Studien anhand sogenannter *Stated Preference*-Befragungen (z.B. Krueger et al., 2016, Kolarova et al., 2019, de Looft et al., 2018)

⁸ *Value of Time* ist ein zentrales Konzept in der Verkehrsforschung und Verkehrsplanung. Das subjektive *Value of Time* (bzw. Reisezeitbewertung) oder *Value of Travel Time Savings* (bzw. Wert der Reisezeiterparnisse) stellt die Zahlungsbereitschaft der Verkehrsteilnehmende für Reisezeiteinsparung dar. Ein der wichtigste Ziele von Maßnahmen im Verkehrsbereich ist eine Reduzierung der Reisezeit und daher wird im Rahmen von Kosten-Nutzen-Analysen versucht, diesen Wert zu monetarisieren (vgl. OBERMEYER, A. & EVANGELINOS, C. 2014. Die Theorie der Zeitallokation und die empirische Reisezeitbewertung. *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft*, 85, 56-81.). Die Reisezeitbewertung unterscheidet sich zwischen den Verkehrsmitteln aufgrund z.B. unterschiedlich wahrgenommenen Komfort oder Privatsphäre. Im Kontext vom autonomen Fahren wird postuliert, dass Personen komfortabler unterwegs sein können und anderen Aktivitäten nachgehen können, so dass die Zeit im Fahrzeug positiver bewertet wird bzw. sich der Wert der Reisezeiterparnisse (oder die Zahlungsbereitschaft der Verkehrsmittelnutzer*innen Reisezeit zu sparen) reduziert.

analysiert. Bisherige empirische Studien sprechen dafür, dass sich der Wert für eine Reisezeitersparnis⁷ (bzw. die Zahlungsbereitschaft Reisezeit zu sparen) in privaten autonomen Fahrzeugen im Vergleich zum konventionellen Fahren um etwa 30-40% reduzieren wird (Steck et al., 2018, Kolarova et al., 2019). Das gilt allerdings nur auf Pendelwegen und im Fernverkehr, während auf kurzen Einkaufs- oder Freizeitwegen keine (oder geringe) Änderungen zu erwarten sind. Die in einem autonomen Fahrzeug verbrachte Zeit auf Pendelwegen oder auf Fernreisen wird dabei ähnlich wie im öffentlichen Verkehrsmittel bzw. in der Bahn wahrgenommen. Bezüglich geteilter autonomer Fahrzeuge haben empirische Untersuchungen herausgefunden, dass individuell genutzte *on-demand* Fahrzeuge und autonome Fahrzeuge, bei denen die Fahrt mit anderen geteilt wird, als zwei unterschiedliche Mobilitätsoptionen durch die potenziellen Nutzer*innen wahrgenommen werden. Die Bewertung geteilter autonomer Fahrzeuge hängt unter anderem auch mit Erfahrungen der potenziellen Nutzer*innen mit neuen Mobilitätsangeboten, wie z.B. dem Carsharing ab (Winter et al., 2017). Eine weitere Studie untersuchte den Einsatz von autonomen Fahrzeugen auf der ersten/ letzten Meile zur nächsten ÖV-Station. Dabei zeigte sich eine negative Bewertung der Zeit in einem solchen Fahrzeug, was darauf hinweisen könnte, dass auch psychologische Akzeptanzbarrieren des autonomen Fahrens eine Rolle spielen können (Yap et al., 2016).

Die Bewertung der in einem autonomen Fahrzeug verbrachten Reisezeit kann auch von den bevorzugten Tätigkeiten während der Fahrt beeinflusst werden. Während ursprünglich die Möglichkeit zur produktiven Zeitnutzung der Reisezeit herausgestellt wurde, sprechen neuere Erkenntnisse dafür, dass Personen unterwegs eher entspannen würden als zu arbeiten (Cyganski et al., 2015, Fraedrich et al., 2016). Darüber hinaus käme das Arbeiten im Fahrzeug nur bei ausgewählten Berufsgruppen in Frage, so dass das Potenzial für eine effektive Reisezeitnutzung überschätzt sein könnte.

Herausforderungen für eine positive Bewertung der Reisezeit in einem autonomen Fahrzeug können ein geringes Vertrauens in der Technik, fehlender Fahrspaß, Umstellungsschwierigkeiten, u.a. aufgrund der Notwendigkeit zur (vollständigen) Kontrollabgabe, Langeweile aufgrund der passiven Rolle als Passagier, oder auch Übelkeit beim Ausüben anderer Tätigkeiten während der Fahrt sein (Fraedrich et al., 2016, Sommer, 2013, Trommer et al., 2016, Schoettle and Sivak, 2014). In geteilten autonomen Fahrzeugen kommt eine gewisse Einschränkung der Privatsphäre beim Teilen der Fahrt mit Fremden hinzu.

Fahrzeugbesitz und Fahrzeugnutzung: Die höchste Automatisierungsstufe, bei der auch Leerfahrten durchgeführt werden können, kann die geteilte Nutzung eines Fahrzeugs innerhalb eines Haushalts in kurzen Zeitabständen ermöglichen. In diesem Anwendungsszenario kann das Fahrzeug einen Haushaltsmitglied zum Arbeitsort bringen, leer zurück zum Wohnort fahren und einen weiteren Haushaltsmitglied zu einem gewünschten Ort bringen (vorausgesetzt, dass sie zeitversetzt an dem jeweiligen Ort sein müssen). Diskutierte Vorteile dabei sind Selbstständigkeit und Unabhängigkeit junger Familienmitglieder sowie das Wegfallen der Notwendigkeit für einen Zweitwagen im Haushalt. Gleichzeitig könnte dieses Nutzungsmodell zu mehr individuellen Fahrten führen, die zusammen mit den zusätzlichen Leerfahrten zu einer Erhöhung der Fahrleistung von einzelnen privaten Fahrzeugen führen können (Schoettle and Sivak, 2015).

Neue Mobilitätsangebote, wie die geteilten autonomen Fahrzeuge, können eine Tür-zu-Tür Mobilität ermöglichen und somit die Notwendigkeit zum Autobesitz potenziell reduzieren. Insgesamt zeigen Abschätzungen, dass solche Angebote kostengünstiger als aktuelle Taxi- und Carsharing-Angebote sein werden und das Potenzial haben, einen großen Teil der privaten Pkw in Metropolregionen durch eine kleinere autonome Taxi-Flotte zu ersetzen. Abschätzungen zufolge kann ein geteiltes autonomes Fahrzeug bzw. ein autonomes Taxi zwischen 3,7 und 10 privaten Pkw ersetzen (Bischoff and Maciejewski, 2016). Bei diesen Berechnungen wird allerdings eine hohe Nutzerakzeptanz der Angebote angenommen, die aktuell hoch unsicher ist bzw. solche Angebote stehen noch vor hohen Akzeptanzbarrieren.

3.1.3. Verkehrssystem

Die mobilitätsbezogenen Entscheidungen von Einzelnutzern haben zwangsläufig einen Effekt auf andere Verkehrsteilnehmende bzw. auf das Gesamtverkehrssystem. In hoch ausgelasteten Verkehrssystemen, z.B. in Stadtzentren, führt zum Beispiel eine Verlagerung der Nachfrage zugunsten des MIV zur Erhöhung der Verkehrsauslastung und somit zu Stau. Das Problem dabei ist, dass die Kosten, die für die anderen

Verkehrsteilnehmenden durch deren Einzelentscheidungen verursacht werden, von den Nutzern (in diesem Beispiel MIV-Nutzer) in der eigenen Kostenkalkulation nicht berücksichtigt werden. Dieses Phänomen wird als *externe Effekte des Verkehrs* bezeichnet und stellt eine bekannte Form von Marktversagen dar.

Zu den externen Effekten von Verkehrssystemen zählen neben Stau auch Verkehrssicherheit sowie Luftschadstoff- und Lärmemissionen. Die Nichtberücksichtigung dieser externen Effekte führt dazu, dass im Verkehrsbereich die Summe der optimalen Einzelentscheidungen nicht zu einem sozialen Optimum führt. Daher ist es auch im Kontext vom AVF sinnvoll, die Einführung der neuen Technik nicht nur aus Einzelnutzerperspektive zu betrachten, sondern auch die potenziellen *systemischen Effekte* zu analysieren, da diese überwiegen können.

Auswirkungen des AVF auf Verkehrssicherheit, Straßenkapazität und Verkehrsfluss: Die Einführung der Automatisierung und Vernetzung im Verkehrsbereich wird, wie bereits oben erwähnt, mit einer Reihe von direkten positiven Effekten assoziiert. Dazu zählen die Erhöhung der Verkehrssicherheit, der Effizienz im Verkehr und der Straßenkapazität. Bezüglich der Verkehrssicherheit wird davon ausgegangen, dass sich durch den Einsatz automatisierter Systeme menschliche Fehler vermeiden lassen, die derzeit als Ursache von 88% der Unfälle auf der Straße angegeben werden (DESTATIS, 2018). Darüber hinaus ist seit der Einführung fortgeschrittener Assistenzsysteme auf dem Markt insgesamt ein Rückgang der Unfälle zu verzeichnen⁹. Gleichzeitig kann die zunehmende Automatisierung auch zu neuen Gefahrenquellen im Mischverkehr führen – entscheidend dabei ist der richtige Umgang mit der Technik bzw. das richtige Verständnis von den Fähigkeiten und Grenzen der Systeme und zwar sowohl auf der Seite der Nutzer als auch auf der Seite der anderen Verkehrsteilnehmenden. Bezüglich der Effizienz- und Kapazitätserhöhung wird diskutiert, dass die abgestimmte Fahrweise der Fahrzeuge auf der Straße und die Möglichkeit kleinere Sicherheitsabstände zwischen den Fahrzeugen zu haben, Potenziale für Kapazitätswachstum und einen fließenden Verkehr bieten (Hartmann et al., 2017, Lutin, 2015). Gleichzeitig sind diese Effekte stark von der Durchdringungsrate der Automatisierungstechnologie und der Vernetzung der Fahrzeuge sowie von dem Verkehrsaufkommen abhängig (Hartmann et al., 2017).

Verkehrserzeugung, Verkehrszielwahl, Verkehrsmittelwahl: Die Senkung der Kosten für die Nutzung eines Fahrzeugs, die Reduktion des Reisezeitwertes sowie die Erweiterung des potenziellen Nutzerkreises von individuellen motorisierten Mobilitätsangeboten können zu einer Erhöhung der Verkehrsleistung führen, also zu mehr Fahrten als heute getätigt werden. Darüber hinaus können sie auch zu einer Verlängerung der Strecken, die zurückgelegt werden, führen. Eine kurzfristige Auswirkung kann die Auswahl von weiter entfernten Zielen (z.B. Auswahl eines größeren aber ungünstig gelegenen Einkaufszentrum oder Supermarkts) sein. Langfristige Auswirkungen können die Wohnortwahl oder die Nähe zum Arbeitsplatz betreffen; dies wird im Abschnitt „Stadt- und Raumplanungsgestaltung“ thematisiert.

Zusätzlich sind Änderungen in der Verkehrsmittelwahl zu erwarten, die in zwei Gruppen unterteilt werden können: (i) Verlagerungen zwischen motorisierter (öffentlich und privat) und nicht-motorisierter Verkehrsnachfrage und (ii) Verlagerungen innerhalb der motorisierten Verkehrsnachfrage. Insgesamt ist mit einer Steigerung der Nachfrage nach MIV zu rechnen. Diese Effekte werden im folgenden Abschnitt näher betrachtet.

Systemische Auswirkungen des AVF: Auf Gesamtverkehrssystemebene können durch die komplexen Interaktionen zwischen den einzelnen oben aufgeführten *direkten Effekten* des AVF die folgenden sogenannten *systemischen Auswirkungen* entstehen (vgl. z.B. Bahamonde-Birke et al., 2018, Fraedrich et al., 2017, Gruel and Stanford, 2016):

⁹ An dieser Stelle ist anzumerken, dass es sich dabei um einen Trend und keinen eindeutigen ursächlichen Zusammenhang handelt. Dabei konnte ein direkter positiver Effekt von fortgeschrittenen Fahrerassistenzsystemen auf die Reduktion der Anzahl und/oder des Schweregrads von Unfällen zwar in einigen wissenschaftlichen Studien und praktischen Tests gezeigt werden, allerdings fehlt ein standardisierter Evaluationsprozess, so dass die Sicherheitseffekte solcher Systeme aktuell nicht eindeutig nachgewiesen werden können (EUROPEAN COMMISSION 2018. Advanced driver assistance systems, European Commission, Directorate General for Transport.).

- geringe generalisierte Kosten¹⁰ und ein vergrößerter Nutzerkreis von Pkw führen zu einer Erhöhung der Nachfrage nach Taxi-ähnlichen Fahrten und Pkw-Fahrten
- ein besseres ÖPNV-Angebot führt zu einer größeren Nachfrage, die wiederum mehr Einnahmen und Profil zur Folge hat, was insgesamt zu einem besseren Angebot führt. Sollte sich das ÖPNV-Angebot durch die Automatisierung allerdings verschlechtern (bzw. andere Alternativen attraktiver werden) und somit die Nachfrage sinken, dann könnte dies zu einer Beschränkung des ÖPNV-Angebotes führen
- die Erhöhung der Nachfrage nach Taxi-ähnlichen- und Pkw-Fahrten hätte eine Erhöhung der Verkehrsleistung zur Folge, die in überlasteten Verkehrsnetzen (z.B. in Stadtzentren) mit einer Steigerung der Verkehrsauslastung (und Stau) und der Schadstoffemissionen einherginge. Eine Erhöhung des Stauniveaus führt wiederum zu höheren generalisierten Kosten (bzw. längeren Fahrtauern)
- vollautomatisierte Fahrzeuge benötigen keinen Fahrer mehr, sodass Leerfahrten zur Repositionierung und Parkplatzsuche entstehen können, insbesondere bei Robotaxi-Flotten. Die Leerfahrten würden wiederum zu einer Erhöhung der Verkehrsleistung führen, wobei die Höhe der Zunahme voraussichtlich von der Nachfrage nach individuellen Mobilitätsoptionen und die Gestaltung des ÖPNV-Angebots abhängig sein wird
- eine deutlich geringere Steigerung der Gesamtverkehrsleistung kann durch das Teilen von Robotaxi-Fahrten mit anderen Fahrgästen erreicht werden – individuelle Fahrten würden dabei mit Personen mit einem ähnlichen Start und Ziel geteilt mit dem Vorteil geringerer Kosten für die Nutzer bei unter Umständen etwas längeren Wegen/Umwegen oder Wartezeiten. Verkehrssimulationen belegen, dass die Zunahme der Verkehrsleistung dabei relativ niedrig bleibt, allerdings ist noch nicht klar, inwieweit die Nutzer von geteilten Mobilitätsangeboten bereit sind, die Fahrt mit anderen Personen zu teilen

3.1.4. Wirtschaft und Arbeitsmarkt

AVF wird nicht nur die individuelle Mobilität und den Verkehr beeinflussen, sondern es ist zu erwarten, dass es weitreichende Auswirkungen auf die Wirtschaft und den Arbeitsmarkt haben wird. In der aktuellen Diskussion wird von vier wichtigen Trends in der Mobilitäts- bzw. Automobilbranche ausgegangen, die Änderungen maßgeblich bestimmen: Automatisierung, Vernetzung, Elektrifizierung, und geteilte Mobilität (auf Engl., *automated, connected, electrified, shared*, abgekürzt ACES oder CASE).

Als Ergebnis sind die folgenden Änderungen im Mobilitätsmarkt, die zum Teil bereits beobachtet werden können, denkbar: Vordringen neuer Beförderungsdienste (insbesondere Carsharing und Ridepooling), Eintritt neuer Akteure in den Markt (Start-Ups, IKT-Unternehmen, Technologiekonzerne), Notwendigkeit zur Weiterentwicklung bestehender Marktteilnehmer (insbesondere OEMs) zusätzlich zu Mobilitätsanbietern, um ihren Marktvorteil nicht an neue Anbieter zu verlieren.

Mit der zunehmenden Bedeutung von Mobilitätsdienstleistungen auf der Grundlage von Softwareanwendungen ändert sich auch der Bedarf am Arbeitsmarkt hinsichtlich der Expertise der Fachkräfte. Insgesamt findet ein Struktur- und Prozesswandel der Automobilindustrie und des Mobilitätsmarktes statt (KPMG, 2014). Besondere Herausforderungen für Deutschland stellen dabei die sinkende Zahl an Personen im erwerbstätigen Alter sowie der steigende Bedarf an Fachkräften dar. Unter anderem ist ein Rückgang im Bedarf an Maschinenbauexperten bei gleichzeitiger Zunahme des Bedarfs an Softwareentwicklungsexperten zu erwarten (McKinsey&Company, 2019). Darüber hinaus wird ein potenzieller Verlust bzw. Rückbau von Arbeitsstellen in angrenzenden Branchen diskutiert. Dabei handelt es

¹⁰ Die generalisierten Kosten sind wichtige Determinanten der Verkehrsmittelwahl und werden aus Reisezeit- und Reisekostenkomponenten gebildet. Beim AVF beziehen sich diese bspw. auf einen potenziell niedrigeren Reisezeitwert (bzw. Zahlungsbereitschaft für Reisezeitersparnisse, *Value of Time*) und niedrigere erwartete Kosten für die Fahrzeugnutzung.

sich vor allem um Jobs im Logistik- und Transportsektor, wie z.B. Lkw-Fahrer, Taxi- und Busfahrer, sowie Parkeinweiser, deren Tätigkeiten zum großen Teil aus routinierten Arbeitsabläufen bestehen (Frey and Osborne, 2017).

Damit Deutschland weiterhin seine führende Position als Markt und Anbieter der neuen Technik behält bzw. stärkt, sind Maßnahmen in die Bereichen Infrastruktur, Recht, Innovationen, Vernetzung sowie IT-Sicherheit und Datenschutz notwendig, die die Voraussetzungen für die Erprobung und Umsetzung des AVF schaffen. Darüber hinaus ist auch die frühzeitige Einbeziehung relevanter Fragen der gesellschaftlichen Akzeptanz an die Technologieentwicklung entscheidend (Fraedrich and Lenz, 2014, Barner et al., 2013). Alle genannten Bereiche finden bereits eine starke Berücksichtigung in der Strategie der Bundesregierung zum AVF (BMVI, 2015) und sollen weiterhin gefördert und untereinander verknüpft werden.

3.1.5. Lebensqualität und Umwelt

Aus gesellschaftlicher Perspektive kann das AVF zu einer Verbesserung der Lebensqualität von Personengruppen, deren individuelle Mobilität und soziale Teilhabe aufgrund physischer, altersbedingter oder sozioökonomischer Zustände eingeschränkt sind, beitragen (Litman, 2018, Lutin, 2015). Darüber hinaus kann die Erweiterung des Angebotes die Erreichbarkeit von Versorgungsmöglichkeiten sowie von Ausbildungs- und Arbeitsplätzen verbessern (Litman, 2018). Aus ökonomischer Sicht kann die Stärkung Deutschlands als Innovationsstandort und Leitanbieter von AVF sowie damit verbundenen Diensten weitere Wohlstandsverbesserungen mit sich bringen.

Gleichzeitig rückt im Zusammenhang mit der zunehmenden Vernetzung der Fahrzeuge das Thema Datenschutz im Vordergrund der Diskussion: Welche Daten werden von welchen Unternehmen erhoben und zu welchen Zwecken wie gespeichert und verarbeitet? Um die Potenziale der Kombination zwischen Automatisierung und Vernetzung im Verkehr auszuschöpfen, ohne die Privatsphäre der Nutzer und Nutzerinnen zu beeinträchtigen, sind (neue) geeignete Datenschutzkonzepte und -richtlinien notwendig (Verbraucherzentrale Bundesverband, 2016, Anderson et al., 2014).

Die Verbreitung von geteilten automatisierten Fahrzeugen kann dazu führen, dass immer größere Anteile der Bevölkerung auf diese umsteigen und z.B. auch für kurze Strecken, die zuvor zu Fuß, mit dem Rad oder dem ÖPNV zurückgelegt wurden, solche Fahrzeuge nutzen (Kröger et al., 2016). In diesem Zusammenhang werden potenzielle negative Effekte auf die Gesundheit, die mit der Mangel an Bewegung einhergehen, diskutiert. Gleichzeitig sinkt mit zunehmender Anzahl von automatisierten und vernetzten Fahrzeugen die Gefahr von Unfällen mit Personenschaden oder tödlichem Ausgang im Straßenverkehr. Das gilt allerdings nur dann, wenn eine hohe Durchdringungsrate der Technik erreicht wird und wenn Lösungen mit Blick auf zusätzliche potenzielle Gefahrenquellen entwickelt werden (Lutin et al., 2013, Fagnant and Kockelman, 2015).

Nicht zuletzt bietet das AVF Chancen für die Reduktion von Emissionen, vor allem aufgrund der voraussichtlich effizienteren und abgestimmten Fahrweise der Fahrzeuge. Voraussetzungen für die Entfaltung dieser Potenziale sind der Einsatz von alternativ betriebenen Fahrzeugen sowie die Vermeidung einer Fahrleistungszunahme, die durch die vermehrte Nutzung von MIV entstehen könnte (Milakis et al., 2017, Wadud et al., 2016).

3.1.6. Stadt- und Raumplanung/ -gestaltung

Mittel- bis langfristig kann der Einsatz vom AVF die Stadt- und Raumgestaltung verändern. Zum einen ist es denkbar, dass durch die Steigerung des Komforts und die Möglichkeit, die Fahrzeit anderweitig zu nutzen, sowie durch die Reduktion der Fahrkosten, Personen bereit wären, längere Distanzen zurückzulegen. Die Implikationen daraus wären Änderungen in der Wahl des Wohn- oder Arbeitsortes und eine potenziell verstärkte Suburbanisierung (Litman, 2013, Heinrichs and Cyganski, 2015, Heinrichs, 2015).

Zusätzlich sind Änderungen im Parkflächenbedarf, die durch den Einsatz von autonomen (geteilten) Fahrzeugen zustande kommen könnten, denkbar. Beispielsweise kann das AVF zu einer flächeneffizienten Bündelung von Parkflächen in Parkhäusern führen (Kummerle et al., 2009, Mitchell et al., 2010, Li and Shao,

2015). Allerdings ist unklar, inwieweit ein Bedarf an Parkhäusern bestehen würde, wenn Parkplatz und Zielort einer Fahrt nicht unbedingt verbunden sind, da das Fahrzeug den Parkvorgang bis zu einem bestimmten, gegebenenfalls kostenlosen Parkplatz selbständig übernehmen könnte (Fraedrich et al., 2017). Dabei könnten automatisierte Systeme zu einer Verlegung der Parknachfrage in dünn besiedelte und preiswerte Randgebiete führen (Chapin et al., 2016). Alternative Szenarien berücksichtigen die Gefahr eines starken Anstiegs von Leerfahrten durch das Einführen von Parkgebühren (Correia and van Arem, 2016). Insgesamt sind daher regulative Maßnahmen und Strategien notwendig, um negative Effekte zu vermeiden. Nicht zuletzt bietet der potenziell durch das AVF freigewordene Parkraum Chancen für eine Neugestaltung dieser Flächen, die je nach Nutzungskonzept zu mehr Aufenthaltsqualität in Städten beitragen könnten. Alle infrastrukturellen Anpassungen bzw. Planungen für diese müssten außerdem bereits in naher Zukunft, vor der flächendeckenden Einführung von AV, begonnen werden, da Stadtplanungsvorhaben bekannter Weise langfristige Unternehmungen sind.

3.2. Auswirkungen im Güterverkehr

3.2.1. (Geänderte) Charakteristiken der Technik und des Angebots

Die Änderungen des Angebots im Güterverkehr durch das AVF entstehen potenziell in den Bereichen Treibstoffverbrauch, Kosten und neue Geschäftsmodelle.

Treibstoffverbrauch: Für den Autobahnverkehr ist das *Platooning*, die elektronische Kopplung von Fahrzeugen zu einem Zug, ein dominierendes Szenario, insbesondere als Übergang zu einem fahrerlosen Fahrzeugbetrieb. In unterschiedlichen Studien konnte eine Treibstoffersparnis bis zu 20% gezeigt werden (Müller, 2012). Für automatisierte Fahrzeuge, die nicht im *Platoon* fahren, kann einer Studie zufolge keine Treibstoffersparnis realisiert werden (Tsugawa, 2013). Ein wichtiger Parameter zur Treibstoffverbrauchsreduktion beim *Platooning* ist der Abstand zwischen den Fahrzeugen – je kürzer der Abstand zwischen den Fahrzeugen, desto höher die Kraftstoffeinsparung (Bachem and Dobberstein, 2015). Darüber hinaus besteht ein komplexer Zusammenhang zwischen dem realisierbaren Kraftstoff-Einsparpotenzial und den folgenden Aspekten: Anzahl der Fahrzeuge, Abstand zwischen den Fahrzeugen, spezifische Fahrzeuggeometrie, Geschwindigkeit des *Platoons* und Fahrzeuggewicht.

Kosten: Auf gesellschaftlicher Ebene ergibt sich nach derzeitigem Wissensstand durch das *Platooning* eine erhöhte Streckenkapazität, wodurch möglicherweise weniger Neu- oder Ausbau nötig wird. Demgegenüber könnte ein erhöhter Verschleiß zu Kostensteigerungen beim Erhalt der Infrastruktur führen. Auf individueller Ebene hätte eine Erhöhung der Streckenkapazität durch *Platooning* verringerte Zeitkosten der Verkehrsteilnehmer zur Folge sowie eine erhöhte Planbarkeit von Fahrten. Darüber hinaus sind Kosteneinsparungen durch verringerte Treibstoffverbräuche, Fahrerbedarfe und Wartungskosten möglich. Bei fahrerlosen Platoonfahrten wirkt der eingesparte Fahrer als entscheidende Kostenreduktion. Laut einer Studie betragen die Fahrerkosten etwa ein Drittel der operativen Kosten im Fuhrgeschäft. Ohne die detaillierte Berechnung offenzulegen, sehen die Autoren der Studie ein Reduktionspotenzial von 28% bei einer fortgeschrittenen Marktdurchdringung (PWC, 2016). In weiteren Analysen wird ebenfalls ein hohes, aber nicht näher bestimmtes Potenzial zur Einsparung an Fahrerkosten für den Straßengüterverkehr ausgewiesen.

Für Einsatzbereiche im Nahverkehr werden vollautomatisierte Fahrzeuge in Deutschland beispielsweise im Daimler Benz Motorenwerk Ludwigsfelde, in der Heideblume Molkerei Elsdorf-Rotenburg AG oder im Containerhafen Hamburg-Altenwerder eingesetzt. Weil automatisierte Hubportalwagen im Hamburger Hafen nur vier anstatt acht Räder haben, ließen sich auch die Kosten für Verschleißteile und Wartung reduzieren. Das auf den Einsatzbereich abgestimmte Antriebskonzept eines fahrerlosen Lkw auf dem Werksgelände der Heideblume Molkerei Elsdorf-Rotenburg AG erlaubt eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Fahrzeugs (Götting KG, 2013).

Nicht zuletzt können durch die Erhöhung der Sicherheit im Straßenverkehr auch die individuellen Kosten durch Unfälle reduziert werden.

Neue Geschäftsmodelle: Einer der größten Nutzen des AVF für die Akteure in der Logistik kann sich durch

neue Geschäftsmodelle einstellen. Der denkbare 24-Stunden Betrieb im Fern- und Nahbereich oder neue Lieferkonzepte mit erhöhter Zahlungsbereitschaft für eine Zeit- und Ort-Flexibilität wären mögliche Dimensionen hierfür (siehe auch Kapitel 2.2 zu potenziellen Anwendungsfeldern im Güterverkehr).

3.2.2. Gewerbliche Nutzer*innen

Es liegen bisher keine dezidierten Erkenntnisse zu den Auswirkungen des AVF im Güterverkehr auf die Nachfrageseite vor, sondern ausschließlich grundsätzliche Überlegungen und Argumente. Von der angebotsseitigen Beschreibung zu erwarteten Kostenreduktionen ausgehend, zeigt sich auf der Nachfrageseite vor allem, dass die Kostenreduktion nicht uneingeschränkt übertragen werden kann. Die folgenden potenziell mindernden Faktoren werden in der Literatur diskutiert:

Zusatzqualifikation des Fahrers: Beim hochautomatisierten Fahren könnte der Fahrer andere Aufgaben während der Fahrt durchführen. Der Nutzen der Technik für das Unternehmen ist dabei von den zusätzlich benötigten Investitionen für die Qualifikation des Fahrers abhängig. Damit bestehen auch Erwartungen an angepasste Randbedingungen für den Güterverkehr, z.B. bezüglich der Ruhe- und Lenkzeiten, um den Nutzen der AVF-Technik zu erhöhen.

Erhöhter Koordinationsaufwand zur Platoonbildung: Würde man das *Platooning* wie einen „Zugtakt“ planen, wäre der Nutzen deutlich verringert und unter Umständen wären die Kosten sogar erhöht. Dies ist darin begründet, dass bei einer Planung mit Unsicherheiten (z.B. Verzögerungen) auch Anschlüsse verpasst oder die Abfahrtszeiten verzögert würden. Die wichtige Flexibilität des Einsatzes des Lkw ginge verloren.

Aufteilung der Kraftstoffeinsparungen zwischen Führungs- und Folgefahrzeugen: Beim *Platooning Use Case* entsteht auf der Nachfrageseite die Herausforderung, dass Kraftstoffeinsparungen vorrangig bei den Folgefahrzeugen in einem *Platoon* auftreten. Das Führungsfahrzeug kann aufgrund fehlender Windschatteneffekte deutlich weniger einsparen (Realtests zur Folge etwa die Hälfte des Einsparpotenzials der Folgefahrzeuge; NACFE, 2016, Fitzpatrick et al., 2017). Es entsteht somit entweder ein Nachteil für das Führungsfahrzeug oder die Führungsrolle der Fahrzeuge müsste in etwa gleichverteilt sein, um dem entgegenzuwirken. Letzteres hätte ein mehrfaches Auflösen und neu Zusammenstellen des *Platoons* zur Folge.

Aufwände zur Integration automatischer Fahrzeuge in bestehende Prozesse: Bei fahrerlosen Transporten ist die gesamte *Supply Chain* zu berücksichtigen, in welcher der Straßengüterverkehr eine Teilfunktion einnimmt. Insbesondere die sogenannten *Added-Value-Services* von Logistik-Dienstleistern und die Lade- und Entladetätigkeiten, die bisher teilweise oder vollständig von den Fahrern ausgeführt werden, müssten anders organisiert werden (Flämig, 2015). Ein Kostenvorteil in der Bilanz ist in der Literatur bisher noch nicht gezeigt worden.

3.2.3. Verkehrssystem

Sollten sich die Kosten- und Zeitvorteile des Angebotes auf der Nachfrageseite realisieren lassen, sind auf Verkehrssystemebene die folgenden Effekte zu erwarten:

Erhöhte Sicherheit: Unfälle auf Autobahnen sind mithilfe von Fahrerassistenzsystemen (z.B. elektronischem Stabilitätsprogramm, Spurverlassenswarner (LDWS), Abstandsregeltempomaten), welche in automatischen Fahrzeugen verbaut werden, um bis zu 53% reduzierbar (Bachem and Dobberstein, 2015). Somit ist ein entscheidender Parameter zur Realisierung des Potenzials, wie viele Fahrzeuge entsprechend ausgestattet sind. Im Projekt *Chauffeur* wurde bei einem Ausstattungsgrad von 40% der Lkw mit AVF das Unfallvermeidungspotenzial auf 23% geschätzt (Benz et al., 2003).

Verlagerung von der Schiene und Zunahme des Straßengüterverkehrs: Das AVF im Güterverkehr kann zur Erhöhungen der Infrastrukturkapazität und Kostenreduktionen führen. Gleichzeitig sind, ähnlich wie durch das AVF im Personenverkehr, auch Rebound-Effekte zu erwarten - durch die Verringerung des Zeit- und Kostenaufwandes für den Straßengüterverkehr kann sich die Nachfrage erhöhen. Darüber hinaus hat die Zugbildung von Lkw im *Platooning* Eigenschaften, die den Lkw-Verkehr dem der Schiene

gleichwertiger machen.

In einer Studie von Fraedrich et al. (2017) werden drei Szenarien untersucht, welche kurz- bis langfristige Marktgleichgewichte beschreiben. Kurzfristig kann die Kostenreduktion im Straßengüterverkehr durch das AVF dazu führen, dass sich Unternehmen, die sowohl die Straße als auch die Schiene für den Güterverkehr nutzen, vermehrt für die Straße entscheiden. Berechnet wurden dabei 17% weniger Verkehrsleistung auf der Schiene. Mittelfristig werden aus der zuvor beschriebenen Entwicklung die bestehenden Gleisanschlüsse weiter reduziert und die Logistikprozesse konsequent auf die Ausnutzung von AVF-Technologien umgestellt. In der Folge würde die Verkehrsleistung auf der Schiene mittelfristig um 43% sinken. Im dritten Szenario wurde als langfristige Entwicklung eine Erosion des Angebotsmarktes für den Schienengüterverkehr angenommen: Leistungseinschränkungen, Marktaustritte und die Konzentration von verbliebenen Verkehren auf weniger Züge. In der Folge dieser Entwicklung kann die Automatisierung im Straßengüterverkehr zu einer Verlagerung von 55% der Schienengüterverkehrsleistung auf die Straße führen.

Wirkungen auf die Infrastrukturkapazität und Verkehrsfluss: Durch das *Platooning* kann sich der Flächenbedarf für die Lkw auf der Straße deutlich verringern (einer Berechnung zufolge von 150 Meter auf 80 Meter, wenn drei Sattelzüge im Platoon fahren; Daimler, 2017). In zahlreichen Simulationen ist gezeigt worden, dass durch den verringerten Flächenbedarf von Fahrzeugkonvois und einer Homogenisierung des Verkehrsflusses die Streckenkapazität um bis zu 16% erhöht werden kann (s. z.B. Kesting, 2008). Eine Studie hat gezeigt, dass für diese positiven Kapazitätseffekte keine separierten Fahrbahnen eingeführt werden müssten, vielmehr Konvois im (Misch-)Verkehr am effizientesten sind (Fang et al., 2013). Eine separierte Fahrspur würde sogar negative Auswirkungen auf den Verkehrsfluss und damit auf die Streckenkapazität haben. Nicht zuletzt muss berücksichtigt werden, dass die Infrastruktur (Fahrbahndecke, Brücken) derzeit nicht für derart dichte Fahrzeugkolonnen ausgelegt ist und sich somit der Verschleiß, sowie in dessen Folge die Wartungskosten der Infrastruktur, durch *Platooning* erhöhen könnten. Konsequenterweise müsste dies in die Nutzerfinanzierung der Infrastruktur eingepreist werden (Bhoopalam et al., 2017).

3.2.4. Wirtschaft und Arbeitsmarkt

Das AVF ermöglicht neue Logistikkonzepte und Organisationsformen des Logistikmarktes. Geschäfts- und Produktionsprozesse werden zukünftig noch häufiger autonom, flexibel und vernetzt sein. *Connected Supply Chains* und Industrie 4.0 sind demnach Treiber für eine Logistik 4.0¹¹. Eine Automatisierung des Fahrablaufes scheint sich perfekt in diesen Automatisierungstrend einfügen. Von einem solchem Szenario ausgehend wird beispielsweise auch an neuen Marktplätzen gearbeitet, welche die bestehenden Frachtböden-Plattformen weiterdenken und die neu verfügbaren Daten einsetzen (Föhring and Zelewski, 2015, Crainic et al., 2009). Daten sind ein wichtiger Hebel für die Marktposition in diesem Bereich. Somit ist auch davon auszugehen, dass es einerseits Konzentrationsprozesse der horizontalen und vertikalen Integration von Unternehmen geben wird (PWC, 2016), wie z.B. das Insourcing von Fahraufgaben in Logistikunternehmen oder der Zusammenschluss von bisher regional agierenden Logistikunternehmen. Andererseits ist auch eine Dezentralisierung und Parallelisierung von Funktionen zu erwarten wie z.B. dezentrale Optimierungsalgorithmen von Agenten (Fahrzeugen, Wareneinheiten) oder die Ausführung zusätzlicher Aufgaben durch den Fahrer (Flämig, 2015).

Im urbanen Einsatzfeld des AVF wurden drei weitere Auswirkungen diskutiert: (i) Neue Logistikkonzepte (Echtzeit Logistik), (ii) mehr Wertschöpfung und (iii) Behebung des Fahrermangels. Deutlich unterschiedlich stellen sich die Effekte bei den Einsatzfeldern „Urbaner Raum“ und „auf der Autobahn“ dar. Für das AVF auf der Autobahn wurden weniger Kraftstoffsteuern, neue Fahrerausbildungskonzepte, eine

¹¹ Unter dem Begriff Logistik 4.0 kann verstanden werden, dass es zu den physischen Prozessen in der Logistik (Warenlagerung, Lagerentnahme, Kommissionierung, usw.) ein digitales Abbild dieser Prozesse gibt, die entsprechend der Zustands- und Nachfragedaten optimiert und gesteuert werden können. Es ist zu erwarten, dass diese Entwicklung neue Produktions- und Supply-Chain Strukturen entwickeln wird.

Verkehrszunahme, aber auch geringerer Fahrerbedarf beschrieben. Im urbanen Einsatzfeld wird dagegen eine Attraktivitätssteigerung des Berufes „Zusteller“ gesehen.

3.2.5. Umwelt

Das AVF kann positive Auswirkungen auf die Emissionen im Güterverkehr haben. Die Reduktion von Klimagasemissionen korreliert direkt mit den Treibstoffeinsparungen (Fitzpatrick et al., 2017). In vielen Publikationen werden Klimagas-Reduktionspotenziale zwar als Vorteile des AVF genannt, aber meistens nicht quantifiziert. In Abhängigkeit vom Fahrzeugabstand wurden in Simulationen für den Highway von Tokyo zwischen 2-5% CO₂-Emissionen beim *Platooning* eingespart (Tsugawa, 2013). Eine weitere Studie gibt als Faustformel an, dass 2,6kg CO₂ je Liter Diesel ausgestoßen werden und sich damit die Einsparpotenziale durch AVF quantifizieren ließen (Janssen et al., 2015).

Gleichzeitig kann AVF im Güterverkehr zu einer Verlagerung von Schienenverkehren auf die Straße und damit zu einem Anstieg des Kraftstoffverbrauches und der Emissionen führen. Diese Effekte sollten bei der Evaluation unterschiedlicher AVF-Konzepte im Güterverkehrsbereich immer mitbetrachtet werden.

3.2.6. Räumliche Auswirkungen

Neue Logistikkonzepte und Organisationsformen des Logistikmarktes können verschiedene Ausprägungen haben. Während heute die Optimierung von Logistikprozessen oftmals mit dem Sattelzug als Fahrzeug geschieht, weil dieses mit dem benötigten Fahrer einen gewissen Grad an *Economies of Scale* für die transportierte Ladung einbringt, könnte dies bei autonomen Fahrzeugen in kleineren und größeren Fahrzeugeinheiten optimiert werden – je nach Anwendungsfall. Dabei wäre beispielsweise eine Reduktion von Warenausgangslagern denkbar, da kleine Transportkabinen produzierte Waren zum nächsten Konsolidierungszentrum bringen, ohne dass diese gelagert werden müssten, bis ein Sattelzug effizient beladen werden kann. Vom Konsolidierungszentrum aus könnten Sattelzüge (oder Lang-Lkw) im Konvoi die Hauptlauf-Strecke fahren. Kleinere Transporteinheiten könnten aber auch die Waren direkt zum Kunden bringen. Wenn die Transportkosten (inkl. AVF-Technologien) günstiger sind als die Lagerkosten, wäre dieses Szenario nicht unwahrscheinlich. Es ist allerdings nicht direkt ableitbar, ob und wenn ja, inwieweit dies zu einer Verkehrszunahme führen könnte.

3.3. Schlussfolgerungen

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Literaturanalyse, dass die Einführung des AVF im Personen- und im Güterverkehr sowohl Chancen als auch Risiken beinhaltet bzw. dass noch große Unsicherheiten hinsichtlich der Auswirkungen der Technik herrschen. Neben verkehrlichen sind auch räumliche, wirtschaftliche und gesellschaftliche Auswirkungen zu erwarten, und es bestehen hohe Abhängigkeiten zwischen den Bereichen. Daher sind diese Abhängigkeiten in künftigen Analysen zu berücksichtigen.

Welche Auswirkungen das AVF haben wird, hängt dabei nicht nur von der Automatisierungsstufe oder dem Anwendungskonzept ab, sondern vielmehr von dem betrachteten Gesamteinsatzszenario einschließlich der Rahmenbedingungen. Beispielsweise ist sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr eine potenzielle Zunahme der Verkehrsleistung zu erwarten, die allerdings stark von der Art und Weise abhängt, wie die Technik durch die Nutzer*innen eingesetzt wird und welche regulatorischen Rahmenbedingungen gegeben sind. Daher lässt sich festhalten, dass zum einen Effekte des AVF in Gesamtszenarien betrachtet werden müssen und zum anderen ein hohes Gestaltungspotenzial und ein Gestaltungsbedarf bestehen. Die Entwicklungen der Einsatzmöglichkeiten und die Auswirkungen des AVF im Personen- und Güterverkehr werden in der Regel getrennt analysiert. Um das Potenzial des Einsatzes der Technik im Straßenverkehr bewerten zu können, sollten beide Bereiche zusammen betrachtet werden.

4. Anforderungen potenzieller Nutzer*innen

Kernerkenntnis 3: Potenzielle Nutzer*innen des AVF sehen Vorteile hinsichtlich Komforts, Zeitnutzung und Flexibilität, haben allerdings Bedenken hinsichtlich Sicherheit und Leistungsfähigkeit der Technik.

Kernerkenntnis 4: Es sollte nicht in Automatisierungsstufen und Fahrzeugen, sondern in Mobilitätskonzepten gedacht werden.

Die Analyse des potenziellen Nutzens, Anforderungen und Bedenken der Nutzer*innen des AVF fokussierte sich auf (i) Erstnutzer*innen (insbesondere Personen mit einem regelmäßigen Arbeitsweg und Dienstwagenfahrer) und (ii) neue (automobile) Nutzergruppen (durch Alter bzw. Behinderung mobilitätseingeschränkte Personen). Im Folgenden sind ausgewählte Ergebnisse für die einzelnen potenziellen Nutzergruppen dargestellt¹².

4.1. Personen mit einer hohen Fahrleistung

Als potenzielle Erstnutzer des AVF wurden zunächst Personengruppen betrachtet, die aktuell eine hohe Fahrleistung haben. Dazu gehören Personen mit einem regelmäßigen Pendelweg sowie Dienstwagenfahrer. Für beide Nutzergruppen können bereits die niedrigeren Automatisierungsstufen vorteilhaft sein, da sie bereits heute großenteils ein Auto im Alltag nutzen und daher auf ihren aktuellen (regelmäßigen) Wegen durch die Automatisierung der Fahrzeuge von der Fahraufgabe entlastet werden können. Darüber hinaus haben Studien gezeigt, dass tägliche Pendelwege zu einer der attraktivsten Anwendungsmöglichkeiten automatisierter Fahrzeuge aus Nutzersicht zählen (s. z.B. Trommer et al., 2016, Fraedrich et al., 2016, Kolarova et al., 2019). Bei den Dienstwagenfahrern geht aus der Analyse statistischer Daten hervor, dass obwohl gewerbliche Fahrzeuge einen sehr geringen Anteil der Gesamtfahrzeugflotte in Deutschland (11%) ausmachen, sind mehr als die Hälfte (64%) der Fahrzeugneuzulassungen gewerblich¹³. Ein wesentlicher Anteil von gewerblich zugelassenen Pkw sind Dienstwagen. Hinzu kommt, dass Fahrerassistenzsysteme in den höheren Fahrzeugklassen, die häufiger als gewerbliche Fahrzeuge genutzt werden, aufgrund des anfangs hohen Preis der Technik eingeführt werden, um später auch in den mittleren und kleineren Segmenten zu durchdringen. Diese Markteinführung wird auch für hochautomatisierte Fahrzeuge erwartet. Die genannten Trends zusammen mit der Möglichkeit zur Nutzung eines automatisierten Fahrzeugs für Telearbeit macht AVF eine potenziell attraktive Mobilitätsoption für Dienstwagenfahrer.

4.1.1. Personen mit einem regelmäßigen Pendelweg

Quantifizierung und Beschreibung der Nutzergruppe: Zu dieser Gruppe gehören Personen, die einen regelmäßigen Weg zur Arbeit oder zu einer Ausbildungsstätte haben. Diese machen fast die Hälfte (48%) der Gesamtbevölkerung in Deutschland aus (BMVI, 2017). Das Hauptverkehrsmittel, das von über der Hälfte (52%) der Berufspendler für ihren Pendelweg genutzt wird, ist das Auto. Öffentliche Verkehrsmittel werden von 20% der Berufspendler für Arbeitswege genutzt, hingegen wählen 14% jeweils das Fahrrad oder gehen zu Fuß. Unter den Personen, die einen Pkw zur Verfügung haben, fahren sogar 72% mit einem Auto zur Arbeit/Ausbildungsstätte. Personen, die keinen Pkw zur Verfügung haben, nutzen hingegen zu ähnlichen Teilen der öffentliche Verkehr (32%), das Fahrrad (26%) oder gehen zu Fuß (34%). Ein ähnliches Verkehrsmittelnutzungsmuster ist bei den im Rahmen von DiVA befragten Berufspendlern zu finden, wobei der Anteil der Auto-Pendler in der Stichprobe mit 66% höher als der Durchschnitt in der Bevölkerung ist.

¹² Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse aus den Nutzerbefragungen ist im folgenden Arbeitsbericht zu finden: Kolarova, V. und Koller, F. „Potenzielle Nutzergruppen und individuelle Akzeptanz vom automatisierten und vernetzten Fahren“, Arbeitsbericht im Rahmen des Projekts „DiVA – gesellschaftlicher Dialog zum vernetzten und automatisierten Fahren“, DiVA -TP1- AP1200. DLR, Institut für Verkehrsforschung.

¹³ Eigene Berechnungen. Datenquelle: „Dataforce Verlagsgesellschaft für Business Informationen mbH“, basierend auf Statistiken des Kraftfahrt-Bundesamts (KBA).

Kauf- und Nutzungsbereitschaft: Gefragt nach der Kaufbereitschaft für ein privates automatisiertes Fahrzeug, gab ein Viertel der Befragten an, dass sie sich persönlich ein autonomes Auto anschaffen würden. Dabei ist der Anteil an Unentschiedenen (37%) gleich hoch wie der Anteil an Personen, für die eine Anschaffung nicht in Frage käme (38%). Gefragt nach der allgemeinen Nutzungsbereitschaft einer autonomen Fahrfunktion auf dem regelmäßigen Fahrt zur Arbeit (angenommen sie hätten diese Funktion in ihrem Fahrzeug), gaben 41% der Befragten an, dass sie vorwiegend oder vollständig autonom fahren würden. Knapp ein Drittel (29%) würde teilweise autonom und teilweise manuell fahren – dieser relativ hoher Anteil deutet auf darauf hin, dass zusätzliche routen- oder situationsbedingte Charakteristiken eine Rolle bei der Entscheidung, autonom zu fahren, spielen könnten.

Die Nutzungsbereitschaft steht u.a. im Zusammenhang mit den Erfahrungen der Befragten mit fortgeschrittenen Assistenzsystemen – unter den Personen mit Erfahrungen mit solchen Systemen ist die Nutzungsbereitschaft höher als bei Personen ohne Erfahrungen. In der Stichprobe gaben 15% der Befragte an, dass sie solche Systeme regelmäßig nutzen, 21% haben sie ausprobiert.

Die generelle Nutzungsbereitschaft für ein geteiltes Fahrzeug bzw. ein fahrerloses Taxi ist mit 40% sehr hoch – verglichen mit der aktuellen Carsharing-Mitgliedschaftsrate, die bei rund 4% aller Haushalte in Deutschland liegt (BMVI, 2017). Von den Personen, die ein fahrerloses Taxi nutzen würden, gaben 47% an, dass sie sich die Fahrt mit anderen Mitfahrenden teilen würden; dagegen würden ca. 31% das Fahrzeug lieber alleine nutzen. Darüber hinaus schätzen 17% der potenziellen Nutzer*innen eines fahrerlosen Taxis (bzw. 7% aller Befragte), dass sie ihr privates Auto aufgrund der Verfügbarkeit der Mobilitätsdienstleistung abschaffen würden, während 59% davon ausgehen, dass sie das eigene private Auto trotzdem behalten würden.

Ein Teil der Probanden (65% der Stichprobe) wurde zusätzlich nach der Einschätzung bzgl. der Nutzung eines autonomen Kleinbusses als Zubringer zum ÖPNV für den Weg zur Arbeit befragt. Dabei bewerteten 60% das Konzept positiv. Knapp die Hälfte (49%) gab an, dass sie es vorziehen würden, einen autonomen Kleinbus zu nutzen anstatt zu Fuß zu gehen oder Rad zu fahren. Dagegen würden 38% den autonomen Bus einem privaten Auto vorziehen. Insgesamt sprechen die Ergebnisse für eine hohe Offenheit gegenüber neuen Mobilitätslösungen und gleichzeitig dafür, dass das vorgestellte Konzept eher als Alternative zu aktiven Verkehrsmitteln als zum MIV angesehen wird.

Potenzielle Nutzung: Die Befragung fokussierte auf Wege zur Arbeit bzw. Ausbildungsstätte. Das Potenzial für die Nutzung des autonomen Fahrens für andere Wegezwecke wurde nicht erfasst¹⁴, allerdings wurde der Effekt unterschiedlicher kontextspezifischer Aspekte auf die Nutzungsbereitschaft untersucht. Die Analysen zeigen, dass vor allem Personen, die aktuell auf ihrem Weg zur Arbeit/ Ausbildungsstätte häufig im Stau stehen, autonom fahren würden: 73% der Personen, die aktuell auf ihrem regelmäßigen Weg im Stau stehen, würden autonom fahren; bei den Personen, die fast nie bzw. nie im Stau stehen sind es 24%.

Potenzieller Nutzen, Anforderungen und Bedenken: Die durch die potenziellen Nutzer am häufigsten genannten Vorteile des automatisierten Fahrens sind (i) die Möglichkeit, die Zeit im Fahrzeug für andere Aktivitäten zu nutzen und (ii) Entspannung bzw. weniger Stress (von jeweils einem Viertel der Befragten genannt). Bevorzugt werden unterschiedliche Aktivitäten während der Fahrt, vor allem eher passive Beschäftigungen. Als weiterer Vorteil wird die Entlastung von der Fahraufgabe an sich gewertet bzw. dass keine ständige Konzentration während der Fahrt erforderlich ist (8% der Befragten). Vereinzelt werden erhöhte Sicherheit, voraussichtliche Kostenersparnisse und der Wegfall der Parkplatzsuche als Vorteile des AVF genannt. Etwa 23% der Befragten geben an, dass sie keine Vorteile beim AVF für sich sehen.

Gleichzeitig haben etwas mehr als die Hälfte der Befragten (55%) Sicherheitsbedenken in Bezug auf die Nutzung der Technik. Dabei fehlt u.a. noch das Vertrauen in die Leistungsfähigkeit der Technik. Die Befragten schätzten die Systeme als fehleranfällig und das Risiko für Fahrer und anderen

¹⁴ Der Grund für den Fokus auf Wegen zur Arbeit bzw. zur Ausbildungsstätte ist, dass früheren Studien keine Vorteile aus Nutzersicht für kurze Einkaufs- und/ oder Freizeitwege aus Nutzersicht gefunden haben; dagegen wurden tägliche Pendelwege als eine attraktive Einsatzmöglichkeit vom AVF durch potenzielle Nutzer*innen bewertet.

Verkehrsteilnehmenden als hoch ein. Weitere Bedenken, die die Befragten äußerten, waren Schwierigkeiten, die Kontrolle abzugeben, und die hohe Abhängigkeit von der Technik, in die man sich begeben würde (genannt von jeweils 7% der Befragten). Weitere vereinzelt genannte Nachteile des AVF sind der fehlende Fahrspaß, ungeklärte Haftungsfragen bei Unfällen, Versicherung und Kosten sowie Umweltaspekte der Autonutzung. Auffällig bei den Antworten der Befragten ist es, dass einige der Angaben als Fragen gestellt werden und einige in ihren Kommentaren auf ihre mangelnde Erfahrung mit der Technik verweisen, was auf noch gewisse Unsicherheiten bei der Evaluation des AVF hindeutet.

4.1.2. Dienstwagenfahrer

Quantifizierung und Beschreibung der Nutzergruppe: Das Projektteam hatte die Arbeiten in diesem Projektteil mit der These gestartet, dass ein hohes Marktpotenzial des AVF bei dienstlichen Fahrzeugen gibt, da etwa über 60% der Fahrzeugzulassungen in Deutschland laut Statistiken des Kraftfahrt-Bundesamtes gewerblich sind (KBA, 2018). Nach Analyse detaillierterer statistischer Daten, die im Laufe des Projekts bezogen wurden¹⁵, zeigte sich allerdings, dass nur etwa ein Viertel der neuzugelassenen Pkws insgesamt (bzw. 37% der neuzugelassenen gewerblichen Pkws) als relevanter Flottenmarkt für Dienstwagen betrachtet werden kann. Die restlichen gewerblich angemeldeten Fahrzeuge sind auf Autovermietungsfirmen, Fahrzeughandel oder Fahrzeugbau-Unternehmen zugelassen. Betrachtet man nur die Pkw, zeigen die Analysen, dass der Anteil in den Fahrzeugklassen Mittelklasse, Obere Mittelklasse und Oberklasse 41% beträgt, während dieser in den Fahrzeugklassen Mini, Kleinwagen und Kompaktklasse nur 20% beträgt. Das spricht wiederum dafür, dass ein erheblicher Teil der neuzugelassenen Mittel- bis Oberklasse-Fahrzeuge, die bereits heute mit fortgeschrittenen Assistenzsystemen ausgestattet sind und in denen Automatisierungssysteme voraussichtlich als Erstes eingeführt werden, als Dienstfahrzeuge im Einsatz sind. Obwohl der relevante Flottenmarkt nur etwa 9% vom Gesamtflottenbestand ausmacht, kann dieser eine wichtige erste Markteinführungsmöglichkeit sein.

Nutzungs- und Kaufbereitschaft: Gefragt nach der Kaufbereitschaft für ein automatisiertes Fahrzeug, geben 41% der befragten Dienstwagenfahrer*innen an, dass sie sich persönlich ein privates autonomes Auto oder einen autonomen Dienstwagen anschaffen würden (bei der Gruppe der Berufspendler waren es nur 25%, wobei die abgefragte Kaufbereitschaft bei den Berufspendlern sich auf den Privatkauf beschränkt). Dabei geben 60% der Dienstwagenfahrer*innen an, dass sie sich ein autonomes Auto als Dienstwagen anschaffen würden; knapp 20% können sich auch Privatkauf/ -leasing, Nutzung als Flottenfahrzeug oder auch als Dienstwagen auf Abruf vorstellen (Mehrfachnennungen waren möglich). Ähnlich groß ist allerdings auch der Anteil an Personen, die sich unter keinen Umständen ein autonomes Fahrzeug anschaffen würden. Die Ergebnisse sprechen insgesamt für eine hohe Anschaffungsbereitschaft für ein autonomes Dienstfahrzeugs und für ein relativ hohes Potenzial der Nutzung autonomer Fahrzeuge auf dienstlichen Fahrten.

Die Nutzungsbereitschaft des automatisierten Fahrens ist bei dieser potenziellen Nutzergruppe relativ hoch – insgesamt gaben 48% der Befragten an, dass sie auf einer dienstlichen Fahrt vorwiegend oder vollständig autonom fahren würden. Verglichen mit der Stichprobe der Berufspendler ist die Bereitschaft, autonom zu fahren, nicht viel höher, allerdings ist die Bereitschaft, vollständig manuell auf einer dienstlichen Fahrt zu fahren um 10% niedriger.

Ein wesentlicher Faktor für die hohe Nutzungsbereitschaft von automatisiertem Fahren sind wiederum die Erfahrungen mit fortgeschrittenen Assistenzsystemen, die bei dieser Gruppe vor allem aufgrund des geringen Alters der Fahrzeuge (befragt wurden Personen mit einem Auto, das nicht älter als 10 Jahre ist) besonders hoch ist. Dabei haben insgesamt 86% der Befragten bereits Erfahrungen mit solchen Systemen (58% nutzen sie regelmäßig und 28% haben sie ausprobiert).

Potenzielle Nutzung: Dienstwagenfahrer*innen fänden ein autonomes Auto vor allem hilfreich, wenn sie lange unterwegs sind, wenn sie dienstlich unterwegs sind oder wenn sie auf der Autobahn fahren (jeweils

¹⁵ Die KBA-Daten, die nach Zulassungsart, Marktsegment und relevanter Flottenmarkt für Dienstwagen aufgeschlüsselt wurden, wurden von „Dataforce Verlagsgesellschaft für Business Informationen mbH“ bezogen.

genannt von etwa 60% der Befragten). Auch für den Weg zur Arbeit bewerteten sie es als (sehr) hilfreich (von 50% der Befragten für diesen Weg als hilfreich eingestuft). Nur etwa ein Drittel fände das autonome Fahren für Wege in der Stadt oder für Einkaufs-/ Freizeitwege hilfreich. Diese Ergebnisse bestätigen die Erkenntnisse von früheren Studien und betonen dazu das Potenzial des Einsatzes vom AVF auf Dienstfahrten.

Potenzieller Nutzen, Anforderungen und Bedenken: Der größte Nutzen des AVF aus Sicht der Dienstwagenfahrer*innen ist die Option, die im Fahrzeug verbrachte Zeit für andere Aktivitäten zu nutzen, u.a. arbeiten, Kontakte pflegen oder allgemein die Tätigkeiten im Auto nach Wunsch und Situation zu wählen. Dazu sehen etwa mehr als die Hälfte der Befragten die Möglichkeit, auf dem Weg zu entspannen, als wichtiger Vorteil des autonomen Fahrens (genannt von 54% der Befragte). Als ein weiterer Nutzen von der Fahrzeugautomatisierung wird die Entlastung von der Fahraufgabe bzw. die Reduktion von dem Stress beim Fahren angesehen (von 20% der Befragten genannt). Die Erwartung, dass autonome Fahrzeuge sicherer als konventionelle Fahrzeuge sind, wurde von 10% der Befragte genannt. Keine Vorteile vom AVF sehen ebenso 10% der Dienstwagenfahrer. Vereinzelt werden Vorteile, wie Alkoholkonsum, Vermeidung der Parkplatzsuche und flüssiger Verkehr, genannt. 11% der Befragten gaben an, dass sie keine Vorteile beim AVF sehen.

Die meisten Bedenken, die die befragten Dienstwagenfahrer*innen gegenüber dem AVF äußerten, waren fehlendes Vertrauen in der Technik (von 37% genannt) und allgemein hinsichtlich der Sicherheit der Fahrzeuge (von weiteren 17% der Befragten genannt). Ferner berichten potenzielle Nutzer, dass sie Schwierigkeiten haben würden, die Kontrolle abzugeben. Vereinzelt werden auch ungeklärte Fragen zur IT-Sicherheit, Herausforderungen im Mischverkehr und Haftung sowie fehlender Fahrspaß und ein vorgegebenes Fahrverhalten als Bedenken hinsichtlich des Einsatzes von AVF genannt. Somit zeigt sich ein ähnliches Bild hinsichtlich der Erwartungen, Anforderungen und Bedenken in Bezug auf das AVF bei den Dienstwagenfahrer*innen und den Berufspendlern.

4.2. Neue (automobile) Nutzergruppen

Als weitere potenzielle Nutzergruppen für das AVF wurden Personengruppen, die aktuell aufgrund ihres Alters oder einer körperlichen Beeinträchtigung in ihrer Mobilität eingeschränkt sind, identifiziert. In der Literatur wird häufig ein hohes Potenzial des AVF für diese Nutzergruppen postuliert. Es wird erwartet, dass das autonome Fahren mobilitätseingeschränkten Personen mehr individuelle Mobilität, Flexibilität und Unabhängigkeit ermöglicht. Durch die im Folgenden dargestellten Analysen soll diese These überprüft werden und zusätzliche Erkenntnisse zum Mobilitätsbedarf und Potenzial vom AVF bei dieser Nutzergruppen zu gewonnen werden.

4.2.1. Personen über 69 Jahre alt

Quantifizierung und Beschreibung der Nutzergruppe: Aktuell macht die Gruppe der Personen in der Altersklasse über 69 ca. 16% der Bevölkerung in Deutschland aus. Aufgrund des demographischen Wandels wird diese Gruppe in 2050 voraussichtlich bereits etwa ein Viertel der Bevölkerung ausmacht (DESTATIS, 2019). Etwa 40% der 70 bis 79-Jährigen und 32% der 80 und über 80-Jährigen nutzen das Auto als Fahrer*innen auf ihren täglichen Wegen. Im Vergleich dazu macht der Anteil der Autofahrer*innen in den Altersklassen zwischen 30 und 69 Jahre 50 bis 60% des Verkehrsaufkommens aus. Bei den über 69-Jährigen ist dazu der Fahrleistungsanteil als Auto-Mitfahrer doppelt so hoch wie beispielsweise in den Altersgruppen zwischen 30 und 59 Jahren (14-16% gegenüber 7-8%). In der Altersgruppe ab 60 Jahren nimmt insgesamt der Anteil des Autos an allen Wegen ab und der Fußweganteil nimmt zu (BMVI, 2017).

Gefragt nach den im Alltag genutzten Verkehrsmitteln gab die Mehrheit (76%) der im Rahmen des Projekts DiVA befragten Personen in der Altersgruppe 69+ an, dass sie mindestens an 1 bis 3 Tagen pro Woche das eigene Auto nutzen (45% nutzen es sogar täglich bzw. fast täglich).

Nutzungs- und Kaufbereitschaft: Etwa 19% der Befragten gaben an, dass sie sich vorstellen können, ein autonomes Fahrzeug zu kaufen. Gefragt nach der Nutzungsbereitschaft eines autonomen Fahrzeugs auf Abruf, gaben 38% der Befragten an, dass sie dieses im Alltag nutzen würden.

Potenzielle Nutzung: Etwa ein Viertel der Befragten gab an, dass die Verfügbarkeit eines autonomen Fahrzeugs auf Abruf dazu führen würde, dass sie u.a. ihre Freizeit aktiver gestalten (21%), die alltäglichen Erledigungen wie Einkäufe und Arztbesuche besser bewältigen (26%), häufiger Ziele außerhalb der Stadt aufsuchen (23%) oder dadurch Läden/Geschäfte besser erreichen würden (27%). Dagegen gaben nur 15% an, dass sie sich durch die Verfügbarkeit eines solchen Fahrzeugs häufiger mit Bekannten und Verwandten treffen würden.

Potenzieller Nutzen und Bedenken: Etwa 40% der Befragten sind der Meinung, dass sie durch das autonome Fahren komfortabler und stressfreier unterwegs sein würden. Als weitere Vorteile wurden die durch das autonome Fahren verbesserte Mobilität und Flexibilität genannt. Unter diesem Punkt wurden vor allem Aspekte wie Unabhängigkeit, Erweiterung vom aktuellen individuellen Bewegungsradius (bzw. auch weitere Ziele problemlos aufsuchen) und Spontaneität genannt. Autonomes Fahren kann Hochbetagten helfen, ihre Mobilität im Alter trotz altersbedingter Einschränkungen aufrechtzuerhalten. Gleichzeitig nennen vergleichsweise viele der Befragten (40%), dass sie keine Vorteile beim autonomen Fahren sehen. Einige begründen ihre Angaben mit der Tatsache, dass sie auch heute problemlos mit dem Auto unterwegs sind, andere legen ihre täglichen Distanzen lieber zu Fuß zurück (worauf auch die Analysen der repräsentativen Daten zum Mobilitätsverhalten in Deutschland hinweisen).

Die größten Bedenken haben Personen über 69 Jahre, ähnlich wie die Personen der anderen potenziellen Nutzergruppen, hinsichtlich der Sicherheit der Technik. Dabei stimmen 68% der Befragten der Aussage zu, dass die Nutzung des autonomen Fahrens derzeit aus technischer Sicht zu risikoreich wäre. Gefragt nach ihren Bedenken, nennen etwa die Hälfte erneut unterschiedliche Sicherheitsbedenken, die sie bei der Nutzung hätten, u.a. aufgrund der Fehleranfälligkeit, des noch niedrigen Reifegrads der Technik und damit einhergehendem fehlenden Vertrauen in der Leistungsfähigkeit des Systems. Weitere vereinzelt genannte Aspekte waren die potenziell hohen Kosten, fehlende Infrastruktur, Verlust der Kontrolle, Verlust des Spaßes beim Fahren und Individualität sowie die noch ungeklärten Haftungsfragen.

4.2.2. Personen mit einer körperlichen Beeinträchtigung

Quantifizierung und Beschreibung der Nutzergruppe: In Deutschland leben etwa 7,8 Millionen schwerbehinderte Menschen (DESTATIS, 2017). Dies entspricht einem Anteil von etwa 9% der Gesamtbevölkerung. Rund 56% der schwerbehinderten Menschen sind älter als 65 Jahre. Die Mehrheit der schwerbehinderten Menschen (59%) leidet unter einer körperlichen Behinderung. Diese Gruppe (d.h. schwerbehinderte Menschen mit körperlicher Beeinträchtigung) wurde im Rahmen von DiVA als potenzielle Nutzergruppe vom AVF untersucht¹⁶. Betrachtet man die Mobilität dieser Personengruppe, dann zeigt sich, dass etwa 30% kein Auto im Haushalt haben; dagegen verfügen nur 12% der Haushalte mit Personen ohne Mobilitätseinschränkungen über kein Auto. Anders ist es bei der Verteilung von Haushalten mit einem Auto – unter den mobilitätseingeschränkten Personen haben etwa 54% ein Auto; unter den Haushalten, in denen Personen ohne Mobilitätseinschränkung leben, sind es 47%, wobei in dieser Personengruppe die Anzahl von zwei Autos und mehr im Haushalt deutlich höher als bei der Gruppe der Personen mit einer Mobilitätseinschränkung ist. Ein Grund für die Unterschiede kann der höhere Anteil an Einpersonenhaushalten bei der Gruppe der Personen mit einer körperlichen Beeinträchtigung sein: Menschen mit einer Behinderung zwischen 25 und 44 Jahren leben öfter allein als Menschen ohne eine Behinderung in der gleichen Altersklasse (DESTATIS, 2020b). Personen mit einer Mobilitätseinschränkung legen im Durchschnitt kürzere Tagesstrecken als Personen ohne eine Beeinträchtigung zurück. Betrachtet man die tägliche Nutzung von unterschiedlichen Verkehrsmitteln, sind etwa 27% der Personen mit einer Mobilitätseinschränkung täglich bzw. fast täglich mit einem Auto unterwegs, dagegen etwa 10% nutzen Bus oder Bahn in der Region. Hingegen sind 51% der Personen ohne Mobilitätseinschränkung (fast) täglich mit einem Auto unterwegs und 14% mit Bus oder Bahn in der Region (BMVI, 2017).

¹⁶ Anzumerken ist, dass der Anteil an Personen mit einer körperlichen Beeinträchtigung in den Altersgruppen ab 60 Jahren höher als in den Altersgruppen unter 60 ist. Eine eindeutige Trennung zwischen den Personen über 69 Jahre alt und den Personen mit einer körperlichen Beeinträchtigung ist daher nicht möglich. Um trotzdem potenzielle spezifische Bedarfe der Personen mit einer körperlichen Beeinträchtigung (auch Personen im erwerbsfähigen Alter) zu analysieren, wurden beide Stichproben getrennt betrachtet.

Nutzungs- und Kaufbereitschaft: Etwa 21% der befragten Personen mit einer Mobilitätseinschränkung gaben an, dass sie sich vorstellen könnten, ein autonomes Fahrzeug zu kaufen. Die Nutzungsbereitschaft eines autonomen Fahrzeugs auf Abruf ist dabei höher als bei der Stichprobe mit Personen über 69 Jahre – etwa die Hälfte der befragten Personen, die eine körperliche Beeinträchtigung haben (51%), gaben an, dass sie ein solches Fahrzeug in ihrem Alltag nutzen würden.

Potenzielle Nutzung: Etwa ein Drittel der Befragten mit einer körperlichen Beeinträchtigung gaben an, dass sie Änderungen in ihren Aktivitäten durch die Verfügbarkeit eines autonomen Fahrzeugs auf Abruf erwarten würden (etwas höher als in der Stichprobe mit Personen über 69 Jahre alt). Dabei gaben 30% an, dass sie ihre Freizeit aktiver gestalten; 35%, dass sie die alltäglichen Erledigungen wie Einkäufe und Arztbesuche besser bewältigen; 31%, dass sie häufiger Ziele außerhalb der Stadt aufsuchen und 32%, dass sie dadurch Läden/Geschäfte besser erreichen würden. 26% der Befragten gaben an, dass sie sich durch die Verfügbarkeit eines solchen Fahrzeugs häufiger mit Bekannten und Verwandten treffen würden.

Potenzieller Nutzen, Anforderungen und Bedenken: Für die Analyse der Anforderungen und Bedenken der Personen mit einer körperlichen Beeinträchtigung wurde, anders als bei den anderen potenziellen Nutzergruppen des AVF, eine explorative Vorgehensweise gewählt, die auf den Ergebnissen sowohl einer quantitativen Befragung als auch von qualitativen Interviews basiert. Etwa 44% der Befragten schätzen, dass sie durch das autonome Fahren komfortabler und stressfreier unterwegs sein würden. Etwa ein Drittel gaben an, dass sie mit einem autonomen Fahrzeug längere Strecken als aktuell zurücklegen würden. Weitere häufig genannte Vorteile waren Unabhängigkeit und mehr Flexibilität im Alltag. Das Konzept eines autonomen Kleinbusses mit einer Rollstuhlrampe wurde aufgrund des erwarteten leichteren Zugangs zum Fahrzeuge von einigen der Befragten als vorteilhafter gegenüber einem privaten Pkw bewertet. Zu den geäußerten Bedenken zählten, ähnlich wie in den anderen potenziellen Nutzergruppen, Sicherheitsbedenken, Fehleranfälligkeit der Technik und potenzielle Hackerangriffe. In dieser Nutzergruppe betonten einige der Befragten, dass sie trotzdem eine Begleitperson auf ihren Fahrten bräuchten.

Insgesamt gaben 47% der Befragten an, dass sich ihre Mobilität durch das AVF nicht verändern würde. Die dafür am häufigsten genannten Gründe waren, dass sie bereits heute mit dem Auto selbstständig unterwegs sind, durch das AVF allein die Barrierefreiheit am Zielort nicht sichergestellt wäre und/oder sie Hilfspersonal benötigen. Ferner hängen die Anforderungen der Personen mit einer körperlichen Einschränkung stark von der Art der Einschränkung und dem aktuellen Mobilitätsverhalten der Befragten ab. In künftigen Untersuchungen sollte daher eine Differenzierung nach Subgruppen vorgenommen werden. Nicht zuletzt haben der Einschätzung eines interviewten Experten für Autofahrer mit einer körperlichen Beeinträchtigung zufolge aktuell bereits verfügbare Assistenzsystemen und technische Lösungen ein hohes Potenzial zur Verbesserung der Mobilität von mobilitätseingeschränkten Personen. Wichtig dabei ist u.a. der Preis der Technik, der auch beim AVF eine zentrale Rolle spielen wird (nicht nur bei der Gruppe der mobilitätseingeschränkten Personen).

4.3. Schlussfolgerungen

Die potenziellen Nutzergruppen des AVF unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Mobilitätsbedürfnisse und dementsprechend hinsichtlich der Anforderungen an die automatisierten und vernetzten Mobilitätskonzepte stark voneinander. Insgesamt sprechen die Ergebnisse der durchgeführten Befragungen für eine relativ hohe Nutzungs- und Kaufbereitschaft für automatisierte Fahrzeuge und hohe Offenheit gegenüber neuen Mobilitätslösungen. Potenzielle Nutzer*innen sehen beim AVF Vorteile hinsichtlich Komfort, Zeitnutzung und Flexibilität, haben allerdings Bedenken hinsichtlich Sicherheit und Leistungsfähigkeit der neuen Technik. Diese Aspekte wurden bei allen potenziellen Nutzergruppen genannt. Gleichzeitig zeigen die Ergebnisse für die untersuchten Nutzergruppen, dass das Potenzial voraussichtlich nicht so hoch wie in der Literatur postuliert wird (s. z.B. Harper et al., 2016, Anderson et al., 2014) sein könnte. Das liegt daran, dass ein großer Teil der Personen bereits automobil unterwegs ist und viele dabei einen sogar größeren Wert auf die Möglichkeit, selber Auto zu fahren, legen im Vergleich zu Personen ohne Mobilitätseinschränkung. Ferner wird die Barrierefreiheit auf der ersten und letzten Meile als wichtige Voraussetzung für eine verbesserte Mobilität erachtet.

Darüber hinaus beziehen sich die Äußerungen der befragten potenziellen Nutzer*innen zu ihren

Anforderungen und Bedenken auf das Gesamtkonzept des AVF bzw. der evaluierten Mobilitätsangebote. Beispielsweise kamen Fragen zu den Aufgaben des Fahrers, Kosten und Verfügbarkeit der neuen Angebote, zum Buchungs- und Bezahlungsprozess, Konsequenzen und Vorgehen bei Unfällen sowie zur Berücksichtigung der Barrierefreiheit im Fahrzeug und am Zielort (bei mobilitätseingeschränkten Personen) auf. Diese Fragen deuten darauf hin, dass die Bewertung vom AVF sehr stark von dem Gesamtkonzept abhängt, d.h. nicht nur von der Automatisierungsfunktion, sondern auch von der Kosten für die Technik, für welche Zwecke kann sie eingesetzt werden oder in welchen Gebieten sie verfügbar ist. Daher sollten in weiteren Untersuchungen Gesamtkonzepte und weniger einzelne Automatisierungsstufen oder Fahrzeugkonzepte im Vordergrund stehen.

5. Anforderungen unterschiedlicher Stakeholder

Kernerkenntnis 5: Gesellschaftliche Akzeptanz muss in Einklang mit der Förderung des Wirtschaftsstandorts Deutschland gebracht werden.

Kernerkenntnis 6: Individuelle Anforderungen müssen in Einklang mit den Anforderungen eines stadtverträglichen Verkehrssystems gebracht werden.

In diesem Unterkapitel werden die Anforderungen der von uns befragten Stakeholder an das AVF zusammengefasst. Aufbauend auf den zunächst identifizierten relevanten gesellschaftlichen Teilsystemen (siehe zum methodischen Vorgehen **Projektteil III. Anforderungen unterschiedlicher Stakeholder**) wurden sogenannte Themencluster gebildet (Tabelle 2).

Tabelle 2: Gesellschaftliche Teilsysteme und Themencluster

Gesellschaftliche Teilsysteme	Themencluster
OEMs, neue Mobilitätsanbieter und Arbeitsmarkt	Wirtschaft und Innovationsstandort Deutschland
Logistik und Schiene	
Kommunen und Politik	Stadt- und Verkehrsplanung /-administration
Beratung und Planung	
Verkehr und Verkehrsteilnehmende	Verbraucher und Verkehrssystem
Daten, Algorithmen und Verfahren	Risikoabschätzung und Standards

Im Folgenden werden die Ergebnisse je Cluster zusammengefasst¹⁷.

5.1. Wirtschafts- und Innovationsstandort Deutschland

Die befragten Stakeholder in diesem Cluster lassen sich grob in zwei Gruppen unterteilen: In jene, die etablierte Wirtschaftszweige und Unternehmen vertreten, das heißt insbesondere Vertreter der Automobilhersteller und der öffentlichen Verkehrsunternehmen, und in neue bzw. noch nicht etablierte Teilnehmer auf dem Mobilitätsmarkt, z.B. Anbieter von Mobility as a Service (MaaS). In diesem Zusammenhang zeigt sich eine Diskrepanz der Anforderungen und Interessen im Zusammenhang der Einführung des AVF. Während die „Etablierten“ die Sorge äußern, dass sie ihre Marktstellung einbüßen könnten, erwarten Letztere entweder Chancen zur Verbesserung ihrer Marktstellung oder sehen zumindest keine Risiken für ihr Geschäftsmodell.

¹⁷ Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse der Stakeholder-Beteiligung ist im folgenden Arbeitsbericht zu finden: Stark, K. und Gieseler, H. „Gesellschaftliche Akzeptanz vom automatisierten und vernetzten Fahren. Ergebnisse einer Expertenbeteiligung“, Arbeitsbericht im Rahmen des Projekts „DiVA – gesellschaftlicher Dialog zum vernetzten und automatisierten Fahren“, DiVA -TP1-AP1300. DLR, Institut für Verkehrsforschung.

Bei den „Etablierten“, insbesondere den Automobilherstellern, werden Risiken in einem unkontrollierten Strukturwandel gesehen. Die Automatisierung wird hier in Verbindung mit anderen Megatrends wie der Digitalisierung und Elektrifizierung gesehen. Diese Trends in Verbindung mit dem Druck aus der IKT-Branche (z. B. Google) sowie neueren Marktteilnehmern (z. B. Tesla oder Uber) könnten dazu führen, dass die bisherige Schlüsselindustrie für den Wirtschaftsstandort Deutschland, d. h. die Automobilindustrie, sich grundlegend umstrukturieren muss, wobei bisher lukrative Geschäftsfelder (z. B. Herstellung und Verkauf von Fahrzeugen auf Basis hervorragender Ingenieursleistung) an Bedeutung verlieren und neue Prioritäten und Geschäftsfelder, also etwa Softwareentwicklung bzw. MaaS, weiter ausgebaut werden könnten. Diese Umstrukturierungen, so die Sorge, werden nicht nur Risiken für die einzelnen Unternehmen bringen, sondern auch nachteilige Auswirkungen auf den gesamten Wirtschaftsstandort und die Beschäftigungszahlen haben. Aus Sicht der Automobilhersteller sollte die Implementierung des AVF daher in einem „evolutionären“ Wandel anstelle eines „disruptiven“ Wandels einhergehen. Unterstützung sollte dafür von der Politik kommen, in deren Interesse auch ein allmählicher Strukturwandel ist, damit sich der Arbeitsmarkt daran anpassen kann, bzw. damit bestehende Berufsbilder weiterentwickelt und Unternehmen gerade im Hinblick auf die Konkurrenz aus China und den USA zukunftsfähig gemacht werden.

Zur Sicherung des Wirtschafts- und Innovationsstandorts Deutschland sind die Automobilhersteller an der Etablierung eines eigenen Wegs im Vergleich zu den US-amerikanischen Unternehmen Tesla oder IKT-Firmen interessiert. Das Ziel ist die Vereinbarkeit der klassischen Geschäftsbereiche -- Herstellung und Verkauf von hochwertigen Fahrzeugen – und neuen Geschäftsbereichen, insbesondere das MaaS-Angebot. Zum eigenen Weg gehört auch, bewährte Geschäftstugenden, wie z. B. der Qualitätsanspruch und die Bedeutung von Ingenieursleistung, beizubehalten und zugleich von den US-amerikanischen Wettbewerbern zu lernen. Insbesondere sollte von deren Kommunikationsgeschick gelernt werden, technische Fortschritte im Bereich des AVF zu vermarkten, sowie die für deutsche Hersteller prägende Tendenz zum „Over-Engineering“ abgelegt werden.¹⁸

Ähnliche Anforderungen und Herausforderungen zeigen sich auch bei den Verkehrsunternehmen. Auch sie sind mit neuer Konkurrenz aus der IKT-Branche bzw. mit neuen Mobilitätsdienstleistern konfrontiert. Ihre Sorge bezieht sich darauf, auf die Rolle des Fahrzeugflottenbetreibers reduziert zu werden und den direkten Zugang zur Kundschaft an die Betreiber von Mobilitätsplattformen zu verlieren. Ihre Strategie zielt darauf, ihre Schlüsselmerkmale eines öffentlichen Verkehrsanbieters zu bewahren, dazu gehört insbesondere ihre Funktion für die Daseinsvorsorge, und zugleich mit einer Erweiterung des Angebots um flexible Mobilitätsdienstleistungen bzw. um Mobilitätsplattformen auf die Konkurrenz zu reagieren.

Eine Schlüsselressource für alle Akteure im Mobilitätsbereich sind die Daten, Kundendaten und Bewegungsdaten. Die Interessen, wer Zugang zu diesen Daten haben sollte, gehen hier wieder zwischen den „Etablierten“ und „Neuen“ deutlich auseinander. Während Erstere aktuell privilegierten Zugang zu den Daten ihrer Kund*innen haben, zielen Mobilitätsdienstleister darauf, sich zwischen Hersteller bzw. Flottenbetreiber und Kund*innen zu schalten. Während die einen den „Amazon-Effekt“¹⁹ fürchten, liegt es im Interesse der „Neuen“, Zugang zu den Daten zu erhalten als Grundlage für die Weiterentwicklung ihres Geschäftsmodells.

Insgesamt zeichnet sich ein Spannungsfeld ab zwischen dem Druck, auf die Konkurrenz besonders aus den USA zu reagieren und dem „Kodak- oder Nokia-Effekt“²⁰ zu entgehen und dem Interesse, die etablierten Geschäftsfelder und –Tugenden zu erhalten. Ein einseitiger Schutz der deutschen Automobilindustrie oder der Verkehrsunternehmen liegt wiederum nicht im Interesse der neuen Marktteilnehmer bzw. könnte Innovationen verhindern und die Innovationsfähigkeit von Unternehmen nicht befördern.

¹⁸ Gemeint ist die Eigenschaft, mehr in die immer weitere Optimierung einer Technologie bzw. eines Produkts zu investieren, als es von den Kunden nachgefragt wird, und statt sich neuen Entwicklungen rechtzeitig zu widmen.

¹⁹ Als „Amazon-Effekt“ wird der Trend bezeichnet, dass sich durch den digitalen Handel das Kaufverhalten verändert. Dadurch wird der traditionelle stationäre Handel negativ beeinflusst.

²⁰ Kodak und Nokia gelten als die Beispiele dafür, wie Marktführer Innovationen verpassen bzw. die Potenziale neuer Technologien verkennen und damit relativ schnell in die Bedeutungslosigkeit verschwinden können. Bei Kodak war es die Digitalkamera, bei Nokia das Smartphone.

Es lässt sich festhalten, dass die Transformation des Wirtschafts- und Innovationsstandorts Deutschland aktiv und mit Bedacht gestaltet werden sollte. Zugleich aber sollte der Bedarf nach einem ausgewogenen Strukturwandel nicht der Förderung von Innovationen im Weg stehen. Zu den zentralen Handlungsbedarfen gehört, Berufsbilder und Geschäftsfelder weiterzuentwickeln und geeignete Rahmenbedingungen zu schaffen, in denen ein eigener Weg der Unternehmen am Standort Deutschland entwickelt werden kann, der die bewährten Geschäftspraktiken und gesellschaftlich wertvolle Funktionen wie z. B. die Daseinsvorsorge oder die Schaffung qualifizierter und gut bezahlter Arbeitsplätze in die Zukunft überführt.

5.2. Stadt- und Verkehrsverwaltung und -Politik

In diesem Cluster ist die kommunale Perspektive vertreten. Ein Handlungsschwerpunkt ist die Vermeidung einer Verkehrszunahme und die Frage, wie die Automatisierung für die Gestaltung eines nachhaltigen Verkehrssystems nutzbar gemacht werden kann. Im Vordergrund steht dabei, den Einsatz der Technik besonders im öffentlichen Verkehr sowie in Sharing-Angeboten zu fördern. Automatisierte Fahrzeuge sollen insbesondere als Ergänzung zum klassischen ÖPNV entwickelt werden und dort zum Einsatz kommen, wo eine geringe Verkehrsnachfrage besteht, sich also bisher andere Verkehrsangebote kaum lohnen, und/oder, wo es bislang keine gute ÖPNV-Versorgung gibt. Der ÖPNV soll als Rückgrat der städtischen Verkehrssysteme gestärkt werden und gegen mögliche nicht-öffentliche Konkurrenten bzw. gegen das Geschäftsverhalten des „Rosinenpickens“ geschützt werden, also dem Herauspicken lukrativer Verbindungen und der Vernachlässigung weniger defizitärer Verbindungen. Allerdings wird auch der Bedarf gesehen, dass die öffentlichen Verkehrsunternehmen Aber auch die ihr Angebot weiterentwickeln und z. B. mithilfe von Innovationen wie dem automatisierten Fahren weiterhin attraktiv bleiben. Als Anreiz für diese Entwicklung wird der Bedarf in einer Anpassung der Unternehmensstrukturen und der Finanzierungs- und Betriebsmodelle gesehen.

Der private automatisierte Autoverkehr sollte möglichst reduziert werden. Diesem Ziel würde allerdings die Möglichkeit von Leerfahrten entgegenstehen. Regulierung und die Entwicklung von geeigneten Instrumenten, die es den Kommunen erlauben, unerwünschten Entwicklungen entgegenzutreten, werden als entscheidend gesehen.

Ein weiterer Handlungsschwerpunkt sind in diesem Zusammenhang die Schaffung bzw. der Erwerb der erforderlichen Ressourcen- und Kompetenzen in den Kommunen, um proaktiv tätig zu werden und mit belastbaren Folgenabschätzungen sowie vorausschauender Anpassung von Regelungen der Einführung von AVF begegnen zu können. Ein Lösungsansatz ist die gute Vernetzung zwischen den Ressorts innerhalb einer Kommune sowie zwischen Kommunen. Daneben könnte die Unterstützung durch den Bund, z.B. in Form eines niedrigschwelligen Programms zur Förderung von Testprojekten, einen zusätzlichen Lösungsansatz bieten.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Ziel in einer Verbesserung der Mobilität für alle sowie der nachhaltigen Sicherung der Daseinsvorsorge besteht unter der Bedingung, dass zusätzlicher motorisierter Verkehr vermieden wird. Die kommunale Verwaltung und die Politik müssen dabei eine aktive und proaktive Rolle zugestanden bekommen und einnehmen, um die Städte und ihr Verkehrssystem zukunftsfähig gestalten zu können.

5.3. Verbraucher*innen und Verkehrssystem

Ein Handlungsschwerpunkt in diesem Cluster bilden die Vereinbarkeit des automatisierten Verkehrs mit dem bestehenden Verkehrssystem sowie das Heben von Potenzialen der Technologie für die Verbesserung der Verkehrsbedingungen. Hier spielen vor allem die Aspekte der Separierung, das heißt infrastrukturellen Trennung von Verkehrswegen nach Verkehrsmitteln, Mischverkehr und die Auswirkungen auf nicht-motorisierte Verkehrsteilnehmende eine Rolle. Die Nutzbarkeit des öffentlichen Raums durch nicht-motorisierte Verkehrsteilnehmende muss weiterhin uneingeschränkt gewährleistet sein und eine Ausrichtung der Stadt- und Verkehrsentwicklung auf die Bedürfnisse automatisierter Fahrzeuge vermieden werden. Ferner bergen automatisierte und vernetzte Fahrzeuge Potenziale für die Verkehrssicherheit besonders der nicht motorisierten Verkehrsteilnehmenden, sofern sie zu Regelkonformität bzgl.

Geschwindigkeits- und Abstandsvorgaben angehalten sind. Inwieweit das Potenzial gehoben wird, hängt von den Regularien zur Programmierung der technischen Systeme ab. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass aus Sicht der Nutzer*innen eine völlige Übertragung der Kontrolle an das Fahrzeug das Gefühl der Entscheidungsfreiheit beim Fahren einschränken könnte.

Ein zweiter, mit dem ersten verbundener Handlungsschwerpunkt ist die Gestaltung von lebenswerten und am Menschen orientierten Städten. Politische Entscheidungsträger*innen sind einerseits gefordert, entsprechende Steuerungs- und Lenkungsmaßnahmen zu ergreifen. Andererseits müssen sie auch eine Verbesserung der Wettbewerbsbedingungen für Anbieter des öffentlichen Verkehrs und von Sharing-Diensten bewirken und Anreize für solche Geschäftsmodelle schaffen, die mit den sozial- und umweltpolitischen Zielen übereinstimmen.

Es lässt sich festhalten, dass das künftige Verkehrssystem mit automatisierten und vernetzten Fahrzeugen die Bedarfe der verschiedenen Verkehrsmittelnutzer*innen erfüllen und zugleich Nachhaltigkeitsanforderungen der Städte genügen soll. Insbesondere besteht der Bedarf der Neuverteilung der öffentlichen Flächen für die verschiedenen Verkehrsmittel und Nutzungsformen zu Gunsten des Umweltverbunds und der Verkehrssicherheit, so dass es nicht zu einer Neuauflage der autogerechten Stadt kommt.

5.4. Prüfung und Algorithmen

Automatisierte und vernetzte Fahrzeuge stellen neue Herausforderungen an die Prüfung und Zulassung von Fahrzeugen. Geprüft und zugelassen werden muss ein technisches System aus teilweise veränderlichen Komponenten (insb. gemeint sind hier Algorithmen). Hinzukommt, dass die Kompetenzen und Arbeitsweisen der heute für die Zulassung von Fahrzeugen beauftragten Prüfinstanzen, TÜV oder DEKRA, bisher nicht auf die Prüfung und Zulassung von Algorithmen ausgerichtet sind. Vor diesem Hintergrund sehen die von uns befragten Expert*innen Handlungsbedarf in der Etablierung von neuen Prüfprozessen und Prüfinfrastrukturen. So sollten neue Methoden für die Prüfung und Risikobewertung entwickelt und eingeführt werden und die Prüfung sollte als iterativer Prozess erfolgen, um der Herausforderung lernender Algorithmen gerecht zu werden. Darüber hinaus sollten die Algorithmen nicht für sich geprüft werden, sondern im Zusammenwirken mit den jeweils anderen Systemkomponenten. Entsprechend muss bei einer Anpassung der Konfiguration der Systemkomponenten durch die Hersteller bzw. Entwickler neu geprüft werden.

Als eine Möglichkeit wird der Aufbau und Betrieb einer neutralen, d. h. nicht profitorientierten, und kompetenten Instanz gesehen, bei der Daten zu den in verschiedenen Fahrzeugsystemen unterschiedlicher Hersteller verwendeten Algorithmen in einer Datenbank gesammelt werden und zur Prüfung und Überwachung der Algorithmen eingesetzt werden.

Die Datenbank sollte dem Wissensaustausch und der Gewährleistung von Sicherheit und effizienter Fortentwicklung der Technologie des AVF dienen.

Vorbild könnte eine Einrichtung wie das Robert-Koch-Institut für den Bereich der Epidemieforschung und -überwachung sein. Ein allgemeiner *Algorithmen-TÜV* wird dabei nicht empfohlen, vielmehr sollte das erforderliche Wissen und die Prüfkompetenz im Bereich des AVF in einer spezialisierten Stelle aufgebaut werden.

Ein weiterer Handlungsschwerpunkt betrifft die Frage, wer oder was bei Unfällen oder Schäden, die durch oder mit algorithmischen Systemen verursacht werden, rechtlich und finanziell aufzukommen hat. Die Expert*innen sehen Bedarf in der Anpassung der Rechtsbegriffe *Haftung* und *Entscheidung* an die neuen Bedingungen, die durch lernende algorithmische Systeme entstehen. Hier gibt es verschiedene Akteure, deren teilweise unterschiedlichen Interessen zu berücksichtigen sind, etwa die Verbraucher*innen bzw. Besitzer*innen der Fahrzeuge, die Entwickler der algorithmischen Systeme sowie Hersteller. Aufgrund der Komplexität ist die Empfehlung, ein Gremium der verschiedenen Interessenvertreter, Expert*innen und Jurist*innen einzusetzen. Die Anforderungen, die sich aus den Handlungsschwerpunkten ableiten lassen, haben Auswirkungen auf den Wirtschafts- und Innovationsstandort – sie können sowohl förderlich als auch hemmend für die Entwicklung sein. Zudem stellen sie neuartige Anforderungen an die Stadt- und

Verkehrsverwaltung und an die Politik.

5.5. Schlussfolgerungen

Innerhalb und zwischen den verschiedenen Themenclustern sind teilweise gegenläufige Interessen und Anforderungen sichtbar geworden. Ihre Aushandlung und Harmonisierung ist eine politische und gesellschaftliche Herausforderung. Zu berücksichtigen sind die unterschiedlichen partikularen Interessen der einzelnen Akteure bzw. Unternehmen und Branchen sowie die gesamtgesellschaftlichen Anforderungen. Diese Anforderungen bewegen sich im Spannungsfeld zwischen den Anforderungen einer leistungs- und konkurrenzfähigen und Wohlstand erhaltenden Wirtschaft, Innovationsfähigkeit, stadtverträglicher Mobilität, Verkehrssicherheit und der Autonomie der Verbraucher*innen.

Die Forschung kann Erkenntnisse sowie methodische Hinweise und Konzepte liefern, wie eine Aushandlung und Harmonisierung erreicht werden könnte. Dieses Ziel wurde im Rahmen des Projekts DiVA verfolgt. Konkret wird ein *gesellschaftlicher Dialog* vorgeschlagen (siehe 8).

6. Anforderungen für Forschungsprojekte und Testfelder

Kernerkenntnis 7: Technikforschung und -entwicklung braucht eine Verknüpfung mit der Forschung zu Akzeptanz und gesellschaftliche Wirkungen.

Kernerkenntnis 8: Der Dialog mit Bevölkerung und Stakeholdern am Testfeld muss frühzeitig beginnen.

Kernerkenntnis 9: Der fortlaufende Projektaustausch muss institutionalisiert werden.

Ziel dieses Projektteils war es Empfehlungen für künftige Projektvorhaben zum AVF in Bezug auf die Untersuchung gesellschaftlicher Fragestellungen und Förderung eines gesellschaftlichen Dialogs zum AVF abzuleiten. Dabei wurde zunächst eine Analyse der aktuellen Forschung zum AVF durchgeführt, um auszuarbeiten, inwieweit bzw. auch in welcher Art und Weise gesellschaftliche Aspekte des AVF in aktuellen Projekten berücksichtigt werden. Der Fokus lag auf Projektvorhaben, die durch das BMVI gefördert wurden. Darauf aufbauend wurden zwei Arbeitstreffen mit Vertretern ausgewählter Projekten veranstaltet. Im Rahmen der Treffen wurden zum einen Themen und Forschungsschwerpunkte für eine künftige Forschungsagenda zum AVF mit Blick auf gesellschaftliche Aspekte der Technik definiert. Zum anderen wurden Anforderungen für künftige Projekte hinsichtlich der Erforschung gesellschaftlicher Fragestellungen und der Umsetzung eines Dialogs zum AVF ausgearbeitet.

6.1. Reflexion der aktuellen Forschung zum AVF mit Blick auf gesellschaftliche Fragestellungen

Insgesamt wurden im Rahmen von DiVA 40 Projektvorhaben aus dem Forschungsprogramm zur Automatisierung und Vernetzung im Straßenverkehr des BMVI²¹ hinsichtlich ihres Bezugs zu gesellschaftlichen Forschungsfragen ausgewertet (teilweise anhand Projektskizzen, die dem DLR von dem Projektträger in Abstimmung mit den Projektverantwortliche zur Verfügung gestellt wurden und teilweise anhand von veröffentlichten Projektsteckbriefen). Davon sind 23 der Projekte in den Jahren 2016 und 2017 gestartet. Ab dem Jahr 2018 folgten 17 weitere Projektstarts. Im Folgenden wird ein Überblick über die untersuchten Anwendungsszenarien, Fokusthemen, evaluierten Themenbereiche sowie die adressierten gesellschaftlichen Fragestellungen gegeben. Dies soll ein erstes Bild der Forschungslandschaft in der Förderrichtlinie geben. Die Vorstellung einzelner Projektvorhaben, die explizit gesellschaftliche Aspekte des AVF adressieren, ist in den Arbeitsberichten zu den im Rahmen von DiVA durchgeführten Arbeitstreffen zu finden^{22,23}.

Untersuchte Einsatzbereiche und Anwendungsszenarien: Etwas mehr als die Hälfte der Projekte untersuchen Anwendungen im Bereich des Personenverkehrs. Bei den meisten Projekten (63%) handelt es sich um Feldtests. Fast ein Drittel untersuchen ÖPNV- Anwendungen des AVF; ein großer Teil der Projekte (40%) untersucht allgemeine Rahmenbedingungen und Potenziale des AVF für unterschiedliche Anwendungsbereiche. Die Hälfte der Vorhaben adressiert Anwendungen im urbanen Raum; 20% fokussieren auf den ländlichen, kleinstädtischen oder suburbanen Raum.

²¹ Aktuell (Stand: 07/2020) gibt es insgesamt 55 bewilligte AVF-Projekte. Die Auswertungen wurden im Jahr 2019 durchgeführt, daher werden nicht alle Projektvorhaben berücksichtigt. Ein Überblick über durch das BMVI geförderte Projekte ist über den folgenden Link zu finden: <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/AVF-Forschungsprogramm/Projekte/avf-projekte.html>.

²² Kolarova, V., Stark, K., Kübler, A., Naendrup-Poell, L. „Die Nutzer und die Gesellschaft im Fokus – aktuelle und zukünftige Forschung über gesellschaftliche Aspekte des automatisierten und vernetzten Fahrens“, Interne Dokumentation zum Arbeitstreffen am 05.04.2019., Projekt „DiVA“. DLR.

²³ Kolarova, V., Stark, K., Schmitz, J.M. „Arbeitstreffen zum Austausch zwischen Testfelder vom automatisierten und vernetzten Fahren mit Blick auf gesellschaftlichen Fragestellungen“, Interne Dokumentation zum Arbeitstreffen am 27.11.2019., Projekt „DiVA“. DLR.

Tabelle 3: Überblick über untersuchte Einsatzbereiche und Anwendungsszenarien in Projekten zum AVF

Personenverkehr (PV)/ Güterverkehr (GV)	Feldtests	Anwendungsszenarien	Raumbezug
<ul style="list-style-type: none"> 23 (58%): PV 3 (8%): GV 14 (35%): PV & GV 	<ul style="list-style-type: none"> 25 (63%): Feldtests 15 (38%): kein Feldtest (Potenzialabschätzung, Untersuchung von Rahmenbedingungen etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> 11 (28%): ÖPNV 8 (20%): Private Fahrzeuge bzw. Pkw-Technik 2 (5%): ÖV & Privat-Pkw 3 (8%): Lkw & sonstige Anwendungen im GV 16 (40%): versch. Anwendungsszenarien (Fokus auf techn. und/oder rechtlichen Rahmen für AVF) 	<ul style="list-style-type: none"> 4 (10%): Autobahn 20 (50%): Urbaner Raum 3 (8%): Kleinstädte, Kommunalebene 1 (3%): periphere Siedlungsstrukturen 1 (3%): Parkhäuser (o.ä.) 2 (6%): ländlicher Raum 8 (20%): kein konkreter Raum oder Raumtyp

Fokusthemen: Die Projekte wurden durch den Fördergeber und den Projektträger in vier Kategorien²⁴ je nach Fokusthema unterteilt. Die untersuchten Projekte hatten dementsprechend die folgenden Themen im Fokus: 6 (15%) beschäftigten sich mit gesellschaftlichen Aspekten des AVF, 21 (53%) mit Kooperation und Vernetzung, 12 (30%) mit der Organisation des Straßenverkehrs und ein Projekt hatte das Zusammenwirken von Fahrer und Fahrzeug im Fokus.

Akzeptanz und gesellschaftliche Fragestellungen: Viele der Projekte untersuchen gleichzeitig sowohl technische als auch wirtschaftliche, gesellschaftliche, verkehrliche und rechtliche Implikationen der Einführung des AVF. Trotz der hohen Relevanz des Themas berücksichtigte nur die Hälfte der Projektvorhaben (19 bzw. 48%) die Sicht potenzieller Nutzer*innen bzw. der Bürger*innen auf die Technik. In einigen davon werden die konkret untersuchten gesellschaftlichen Aspekte nicht näher genannt oder erläutert. Festzuhalten ist daher ein hoher Bedarf an einer einheitlichen Zusammenstellung relevanter gesellschaftlicher Themen und Fragestellungen im Kontext von AVF. Zu den Arbeitstreffen, die im Rahmen von DiVA stattfanden, wurden auch Projekte mit einem expliziten Fokus auf technischen Entwicklungen im Bereich des AVF eingeladen, um Potenziale für die Berücksichtigung gesellschaftlicher Fragestellungen in solchen Projekten zu diskutieren.

6.2. Themen und Schwerpunkte einer zukünftigen Forschungsagenda mit Blick auf gesellschaftliche Fragestellungen

Im Rahmen der zwei Arbeitstreffen mit Vertretern ausgewählter Projekten zum AVF²⁵ wurden neben aktuell in den Vorhaben untersuchten gesellschaftlichen Fragestellungen auch Forschungslücken diskutiert. Das Ziel dabei war es, Empfehlungen für künftige Projekte hinsichtlich relevanter thematischer Schwerpunkte, auszuarbeiten. Die folgenden Themenbereiche mit dem jeweiligen Forschungsbedarf wurden gemeinsam mit den Projektvertretern sowie teilweise auf Grundlage einer umfangreichen Literaturanalyse definiert:

Änderungen des Mobilitätsverhaltens: Die Änderungen des Mobilitätsverhaltens von Nutzer*innen (insbesondere Verkehrsmittelwahl, zurückgelegte Distanzen, Fahrzeugbesitz) durch neue automatisierte und vernetzte Fahrzeugkonzepte und Mobilitätsangebote sollten weiterhin in Projektvorhaben zum AVF untersucht werden. Relevante Fragestellungen in diesem Themenbereich sind u.a. die Analyse der Chancen und Risiken des AVF für die Verbesserung der Mobilität von Nutzer*innen, die Auswirkungen von individuellen Entscheidungen auf verkehrliche Effekte und die Ableitung des Regulierungsbedarfs. Nicht zuletzt sollten dabei auch langfristige Effekte auf Wohn- und Standortwahlentscheidungen betrachtet

²⁴ Aktuell (Stand: 07/2020) werden die Kategorien auf 9 erweitert.

²⁵ Die Dokumentation des Arbeitstreffen mit ausgewählten Projektvertretern ist in Form des folgenden Arbeitsberichts verfügbar: Kolarova, V., Stark, K., Kübler, A., Naendrup-Poell, L. „Die Nutzer und die Gesellschaft im Fokus – aktuelle und zukünftige Forschung über gesellschaftliche Aspekte des automatisierten und vernetzten Fahrens“, Interne Dokumentation zum Arbeitstreffen am 05.04.2019., Projekt „DiVA“. DLR.

werden, die mittel- und langfristig Implikationen für Änderungen von Siedlungsstrukturen haben können. Aktuell genutzte Methoden für die Untersuchung dieser Forschungsfragen basieren auf Nutzer-/ Stated Preference-Befragungen und modellgestützten Simulationen (z.B. Verkehrsnachfragemodelle). Eine Herausforderung besteht darin, dass Befragungen nur die Verhaltensintention und nicht das tatsächliche Verhalten untersuchen und Simulationen auf plausiblen Annahmen oder auf Erkenntnissen zur Verhaltensintention basieren. Alternative oder zumindest ergänzende Methoden, die in künftigen Projekten zu empfehlen sind, sind explorative Ansätze (insbesondere qualitative Methoden) sowie eine Analyse der Effekte von heute verfügbaren Alternativen (z.B. Ridesharing-Angebote, Auto mit einem persönlichen Fahrer). Herausforderungen für die Anwendung der genannten Methoden können in einem höheren Zeit- und Kostenaufwand oder einem schwierigen Zugang zu Daten von kommerziellen Mobilitätsdienstleistern liegen.

Das Fahrzeugverhalten und seine Auswirkungen auf Nutzer*innen anderer Verkehrsmittel und (den Verkehr): Neben den Änderungen des Mobilitätsverhaltens der Nutzer durch das AVF sollten auch der Einfluss des Fahrverhaltens von automatisierten Fahrzeugen auf andere Verkehrsteilnehmende untersucht werden, insbesondere vor dem Hintergrund einer potenziell langen Übergangsphase mit Mischverkehr. Relevante Fragestellungen in diesem Themenbereich sind auf der Fahrzeugseite u.a. die Kommunikation des Fahrzeugs, erforderliche Fahrverhaltensregeln für die Fahrzeuge sowie eine umfangreiche Analyse von Situationen, in denen ein bestimmtes regelkonformes Fahrverhalten notwendig oder hinderlich ist (z.B. wenn ein streng regelkonformes Verhalten das Fahrzeug zu einem Verkehrshindernis macht). Auf der Seite der anderen Verkehrsteilnehmenden sollten ihre Erwartungen und Anforderungen an das Fahrzeugverhalten sowie potenzielle Konfliktpotenziale mit den Anforderungen der Nutzer*innen und anderen Stakeholder, z.B. hinsichtlich der Geschwindigkeit und Fahrverhalten autonomer Fahrzeuge, untersucht werden. Geeignete Methoden für die Untersuchung dieser Fragestellungen sind Reallabore bzw. Testfelder oder Anwendung von *Virtual Reality*. Herausforderungen bestehen darin, Tests erlebnisnah zu gestalten, auch nicht interessierte Personen gezielt zu involvieren sowie Genehmigungsprozesse für Reallabore bzw. Sicherheitsregeln auf Testfeldern zügig zu gestalten. Weitere Methoden, die zur Anwendung kommen können, sind Verkehrssimulationen sowie Analyse statistischen Materials (z.B. Bewegungsdaten).

Entwicklung und Definition realistischer Use Cases und Szenarien: Eine zentrale Frage bei der Entwicklung des AVF ist die Definition realistischer und wünschenswerter Use Cases und Szenarien, die im Rahmen der Projektvorhaben analysiert und erprobt werden können. An dieser Stelle besteht noch ein großer Bedarf, Ziele und Visionen für künftige Mobilität unter Einbeziehung der Sichtweisen und Expertise aller relevanten Stakeholder zu entwickeln. Neben Machbarkeitsstudien und wirtschaftlichen Analysen spielen auch die strategische Ausrichtung, Entwicklungsarbeiten und Investitionen der Industrie eine Rolle. Relevante Fragestellungen in diesem Themenbereich sind daher die Definition von Use Cases und Szenarien, die hinsichtlich vordefinierter Nutzenparameter vergleichbar sind, sowie die Ausarbeitung realistischer Ausprägungen relevanter Einflussfaktoren (z.B. Preisstruktur, die von allen Akteuren in diesem Feld abhängig ist). Geeignete Methoden sind Dialog- und Partizipationsverfahren.

Abschätzung von möglichen Wirkungen: Technikfolgenabschätzung soll breit gedacht werden und vor allem Auswirkungen der Technik in allen gesellschaftlichen Bereichen berücksichtigen (z.B. auch gesundheitliche Folgen des Einsatzes vom AVF). Zentrale Fragen dabei sind, wie neue Systeme die Mobilität beeinflussen und welche Folgen die neue Technik im realen Einsatz haben wird. Die Antworten auf diese Fragen sind entscheidend, um die Chancen und Risiken der Technik frühzeitig zu erkennen und die Entwicklung mitzugestalten (siehe Kapitel 3). Obwohl es vermehrt Forschung in diesem Bereich gibt, sollten Auswirkungen der Technik weiterhin parallel zur Entwicklung und Erprobung des AVF in unterschiedlichen Anwendungsszenarien und -kontexten untersucht werden. Nicht zuletzt sollten in diesem Zusammenhang auch Fragen der Umweltauswirkungen bzw. Klimaschutzaspekte des AVF (z.B. Energieaufwand von AVF, Batterieleistung und -effizienz) sowie gesamtgesellschaftliche Folgen, inklusive Mobilitätsbedarfsanalysen oder auch Fragen zur Auswirkungen am Arbeitsmarkt, betrachtet werden.

Herausforderungen in der Übergangsphase mit Mischverkehr: Die Mehrheit der aktuellen Studien zum AVF beschäftigt sich mit den höchsten Fahrzeugautomatisierungsstufen bzw. auch mit Szenarien, bei denen von einer hohen Durchdringungsrate und bereits vorhandenen Rahmenbedingungen (z.B. physische und digitale Infrastruktur) ausgegangen wird. Da eher eine allmähliche Durchdringung der Technik in den

Markt realistisch ist, besteht der Bedarf zur Untersuchung der Herausforderungen und potenzieller Lösungsansätzen in der Übergangsphase mit Mischverkehr (sowohl aufgrund unterschiedlicher Fahrzeugautomatisierungsstufen als auch des Vorhandenseins von konventionellen, manuell bedienten Fahrzeugen auf den Straßen). Relevante Fragestellungen in diesem Themenbereich sind u.a. die Aufgabenallokation zwischen Mensch und Technik, der Bedarf an Technik in Fahrzeugen und in der Infrastruktur und Auswirkungen von Schwierigkeiten bei Übergabesituationen zwischen Mensch und Maschine beim (teil-)automatisierten Fahren. Zusätzlich sind geeignete Kommunikations- und Dialogmethoden für „Negativ-Ereignisse“, wie z.B. Unfälle mit AVF, (sowohl im Vorfeld als auch im Nachgang) zu untersuchen. Geeignete Methoden für die Untersuchung der Fragestellungen in diesem Themenbereich sind die Analysen von unterschiedlichen Test-Situationen unter Einsatz von z.B. *Augmented* und *Virtual Reality* bzw. Simulationen als eine Alternative zu Untersuchungen im Rahmen von Testbetrieben, da Testbetriebe häufig aufgrund ihres technischen Reifengrades beschränkt sind und einige Use Cases nicht realistisch abbilden können. Dazu kann die Erstellung einer zentralen *Roadmap* zu Entwicklung des AVF und zur Einführung automatisierter Fahrzeuge in den Realverkehr zielführend sein.

Akzeptanz unterschiedlicher Nutzergruppen: Es sind Erwartungen, Wünsche und Bedenken aus Sicht unterschiedlicher Nutzergruppen zu untersuchen, um Erkenntnisse darüber über relevante Determinanten der Nutzerakzeptanz zu generieren. Die Technik bietet die Möglichkeit, unterschiedlichen Mobilitätsbedürfnissen der Nutzer*innen zu entsprechen. Damit sie für einen breiteren Teil der Bevölkerung von Nutzen ist, sollten die Diversität und Charakteristiken potenzieller Nutzergruppen berücksichtigt anstatt von durchschnittlichen Werten (bzw. durchschnittlichen Nutzer*innen) ausgegangen werden. Relevante Fragestellungen in diesem Themenbereich sind u.a. die Eignung und der Nutzen unterschiedlicher Fahrzeugfunktionen, Konzepte und Rahmenbedingungen für unterschiedliche Nutzergruppen und die potenziellen nutzergruppenspezifischen Akzeptanzbarrieren. Geeignete Methoden für die Untersuchungen sind die Etablierung eines Debattenraums, z.B. im Rahmen von Zukunftswerkstätten, explorative qualitative Methoden mit Fokus auf Visionen, Erwartungen und Herausforderungen aus Sicht unterschiedlicher Nutzergruppen sowie grundsätzlich eine übergreifende Forschung zu Definition und Verständnis des Akzeptanzbegriffs.

Identifikation von Potenzialen im suburbanen und ländlichen Raum: Ein stärkerer Fokus auf das Potenzial des Einsatzes vom AVF im suburbanen und ländlichen Raum ist für die Skalierbarkeit der Technik und von dem Hintergrund unterschiedlicher Bedarfe, Erfahrungen und Rahmenbedingungen in diesen Räumen im Vergleich zum urbanen Raum bzw. zur Stadt sehr wichtig. Einige der Kleinbus-Projekte laufen aktuell zwar in kleinen Gemeinden bzw. im ländlichen Raum, allerdings liegt der Schwerpunkt der meisten Studien zum AVF nach wie vor auf dem urbanen Raum. Aus diesem Grund ist die Potenzialanalyse unterschiedlicher Mobilitätskonzepte in Abhängigkeit von dem jeweiligen sozio-kulturellen und räumlichen Kontextes notwendig. Methodisch sind Tests von einem größeren alltäglichen Nutzen an ausgewählten Orten in Form von Reallaboren, inklusive beispielsweise einzelnen Quartieren, umzusetzen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich gesellschaftliche Fragestellungen einerseits hinsichtlich Anforderungen potenzieller Nutzer*innen ergeben. Andererseits stehen sie im Zusammenhang mit (i) den Auswirkungen des Einsatzes der Technik auf andere Verkehrsteilnehmende, (ii) den weitreichenden Effekten in unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen und (iii) der strategischen Ausrichtung von Forschungs-, Entwicklungs- und Umsetzungsarbeiten. Auf der Seite der Nutzer*innen sind Bedürfnisse und Anforderungen sowie die Auswirkungen auf Mobilitätsverhalten zu untersuchen. Auf der Seite der Technik sind Herausforderungen im Mischverkehr sowie realistische und wünschenswerte Use Cases und Szenarien zu definieren. Insgesamt sollten dabei Gesamtkonzepte bzw. die Einbettung eines AVF-Konzepts in einen konkreten sozio-kulturellen und räumlichen Kontext (z.B. in einzelnen Quartieren oder Raumtypen) betrachtet werden. Auf gesamtgesellschaftlicher Ebene sind zusätzlich die Auswirkungen der Technik auf andere Verkehrsteilnehmende sowie die erforderlichen Rahmenbedingungen zur Implementierung im Realbetrieb (in den unterschiedlichen Räumen) zu analysieren.

6.3. Anforderungen für Forschungsprojekte und Testfelder

hinsichtlich der Erforschung gesellschaftlicher Aspekte und des gesellschaftlichen Dialogs zum AVF

Neben den thematischen Schwerpunkten für die künftige Forschungsagenda zum AVF mit Blick auf gesellschaftliche Aspekte der Technik wurden auch Handlungsempfehlungen zur Erforschung gesellschaftlicher Aspekte, zur Kommunikation zum AVF mit Bevölkerung und Stakeholder sowie zur Kommunikation und des Austausches zwischen Projektvorhaben ausgearbeitet. Diese werden im Folgenden kurz dargestellt.

Erforschung gesellschaftlicher Aspekte und Dialog mit Bevölkerung und Stakeholdern in Projektvorhaben

Eine wesentliche Erkenntnis aus den Arbeitstreffen mit Vertretern von Projektvorhaben zum AVF ist, dass der Dialog mit Bevölkerung und Stakeholdern am Testfeld frühzeitig beginnen und fortlaufend durchgeführt werden muss. Bereits vor der Umsetzung eines Projektvorhabens bedarf es eines Dialogs mit relevanten Akteuren vor Ort. Somit kann sichergestellt werden, dass eine bedarfsgerechte Umsetzung von allen Beteiligten (Bevölkerung und auch projektexterne relevante regionale Akteure, z.B. Stadtgesellschaft allgemein in Form von Schulen, Einrichtungen etc., Wirtschaftsunternehmen, ÖPNV-Betreiber, Presse) mitgestaltet wird. Dieser Kommunikationsprozess soll begleitend zum Projektverlauf durchgeführt werden, um die Akzeptanz der Technik zu fördern bzw. notwendige Anpassungen zu ermöglichen. Bei einigen Projekten muss die Öffentlichkeit sogar wesentlich früher eingebunden werden, beispielsweise wenn es um die Findung des Einsatzfeldes geht.

Zusätzlich kann der Dialog die Anschlussfähigkeit der Projekte unterstützen, indem im Projektverlauf relevante Netzwerke aufgebaut werden und die Skalierbarkeit der umgesetzten Anwendungen geprüft wird. Somit kann sichergestellt werden, dass – wenn sinnvoll – Teile des Projektvorhabens nach Projektablauf in einem weiteren Test- oder Realbetrieb genutzt werden können (z.B. aufgebaute Infrastruktur, die dann im Rahmen weiterer Projektvorhaben genutzt werden kann oder von kommerziellen oder nicht-kommerziellen Anbietern übernommen und weiterentwickelt wird).

Neben dem Dialog mit unterschiedlichen Akteursgruppen wurden im Rahmen der Arbeitstreffen auch generelle Empfehlungen für künftige Projekte bei der Erforschung gesellschaftlich relevanter Fragestellungen ausgearbeitet.

Die folgenden Handlungsbedarfe hinsichtlich des Dialogs zum AVF mit Bevölkerung und Stakeholdern an Testfeldern sowie der Erforschung gesellschaftlicher Fragestellungen in Projektvorhaben wurden aus den Diskussionen abgeleitet:

Realistisches Erwartungsmanagement und Kommunikation: Eine wesentliche Herausforderung für die Bewertung der Akzeptanz von Testfeldern ist die Vermittlung realistischer Erwartungen zum Stand der Technik des AVF gegenüber potenziellen Nutzer*innen bzw. Bürger*innen. Voraussetzung dafür ist eine angemessene und zielgruppenorientierte Kommunikation, da ansonsten die Gefahr besteht, dass unrealistische Erwartungen bezüglich des AVF in der Bevölkerung, aber auch durch Unternehmen oder politische Akteure, etabliert werden. Die Nicht-Erfüllung solcher Erwartungen kann wiederum zu großen Akzeptanzschwierigkeiten führen. Auf der anderen Seite kann sich die Fehlinterpretation der Leistungsfähigkeit der Technik später in einem nicht-sachgerechten Umgang mit der Technik in der Umsetzungsphase resultieren (ein Beispiel hierfür ist die Funktion Autopilot des Unternehmens Tesla, deren Funktionalität durch manche Nutzer falsch interpretiert bzw. überschätzt wird; IIHS, 2019).

Neben einem realistischen Erwartungsmanagement stellen auch die Steigerung der Partizipationsbereitschaft innerhalb der Bevölkerung und eine verständliche Einführung der Bevölkerung in die komplexe Thematik wesentliche Kommunikationsherausforderungen dar. Gleichzeitig sind Testfelder wichtige Plattformen für den Dialog bzw. die Kommunikation mit der Bevölkerung und den Stakeholdern. Sie bieten die Möglichkeit, Erfahrungen mit der Technik zu sammeln und ihre Umsetzung mitzugestalten. Um Bevölkerung und regionale Stakeholder aktiv in die Entwicklungsprozesse einbinden zu können und somit eine bedarfsgerechte Technikentwicklung und Akzeptanz sicherzustellen, bedarf es strategischer und effektiver

Kommunikationsprozesse. Die Kommunikation sollte die Vermittlung von sachlichen und fachlich verständlichen Informationen zum Ziel haben und gleichzeitig die Bürger*innen zur Mitgestaltung des Einsatzes vom AVF motivieren. Dabei können u.a. die Innovationsfähigkeit und Pionierstellung vermittelt werden, gerade in ländlichen Gemeinden, z.B. durch Wettbewerbe, Namensgebung für erstes Fahrzeug oder Teststrecke, Imagevorteile für die Region im Fokus stellen, Einstellung lokaler Fahrer als Safety-Driver etc.

Insgesamt lässt sich daher festhalten, dass Kommunikation und ein realistisches Erwartungsmanagement als expliziter Teil von Forschungsprojekten berücksichtigt werden sollen bzw. mit Ressourcen wie Zeit und finanziellem Budget unterstützt werden sollten. Für den Erfolg solcher Kommunikationsprozesse ist es empfehlenswert, dass diese professionell bzw. von Kommunikationsexperten und ergänzend bzw. parallel zur Akzeptanzforschung durchgeführt werden. Somit wird die Kommunikationsfähigkeit der Wissenschaft verbessert. Zudem ist eine effektive Realisierung nur mit öffentlichen Partnern (z.B. ÖPNV-Betreiber) möglich. Nicht zuletzt ist eine schnelle und professionelle Aufbereitung von Zwischen- und Endergebnissen durch Projektverantwortliche für die Verwendung in der Außenkommunikation über verschiedene Kanäle eine weitere Voraussetzung für den Erfolg der Kommunikationsmaßnahmen. Ein enger Austausch zwischen Forscherinnen und Forschern und Kommunikationsverantwortlichen sowie die entsprechende Einplanung von Zeit für die Vorbereitung und Durchführung dieses Austausches sind dabei notwendig.

Definition einer Zukunftsvision: Betrachtet man insgesamt die Rolle des AVF für die Gestaltung eines nachhaltigen zukünftigen Verkehrssystems sind noch weitere Fragen offen, u.a., ob das AVF wirklich die Verkehrslösung der Zukunft für *alle* ist und wie die Verkehrslösung beziehungsweise Vision für die Zukunft aussieht bzw. aussehen sollte. Diese Fragen sind sowohl für künftige Projektvorhaben als auch für den gesellschaftlichen Dialog als zentral anzusehen und sollten die Forschungsarbeiten maßgeblich bestimmen. Im Rahmen von Projektvorhaben sollen daher Bedarfsanalysen durchgeführt werden und eine Zielrichtung bzw. -vision als Leitlinie für die Technologie-Entwicklungen stärker im Fokus gestellt werden. Damit einhergehen sollte eine kritische Reflexion von Technologie-Pfaden als begleitende Evaluation von Förderprogrammen.

Bedarfsgerechte Umsetzung und realitätsnahe Anwendungsszenarien: In den ersten Phasen der Erprobung der Technik wurden AVF-Konzepte auf eingeschränkten oder separaten Teststrecken umgesetzt. Mit wachsender Ausreifung der Technik sind weitere Umsetzungsmöglichkeiten zu prüfen, die einen realitätsnäheren Einsatz vom AVF erlauben. In künftigen Forschungsvorhaben sind die Schaffung eines Testbetriebs mit größerem alltäglichem Nutzen und die Einbettung der Feldtests in einem (räumlichen und/oder gesellschaftlichen) Kontext zu empfehlen. Mit anderen Worten, es sollte ein Testbetrieb, der von einem größeren alltäglichen Nutzen ist und täglich läuft, geschaffen werden. Um das zu erreichen, müssen Bedarfe und Prioritäten im Vorfeld (durch Dialog vor Ort sowie Potenzial- und Machbarkeitsstudien) geklärt werden. In diesem Zusammenhang wurde auch die Ausstattung der Projekte mit mehr Mitteln für den Einsatz von mehr Fahrzeugen angesprochen sowie die Notwendigkeit, Technologie erst dann vorzustellen, wenn sie sinnvoll in den Straßenverkehr integriert werden können. Direkte Implikationen daraus sind u.a. eine längere Planungsphase von Projekten sowie vorangehende Machbarkeits- und Potenzialabschätzungsstudien.

Ein Beispiel hierfür ist der Einsatz von automatisierten und vernetzten Erste-/ Letzte-Meile-Mobilitätslösungen als Teil eines bestehenden ÖPNV-Systems, die das Potenzial haben, einen Teil des regionalen Mobilitätsbedarfs abzudecken. Somit können (unter Berücksichtigung des Standes der Entwicklung der Technik) realistische Potenziale für ausgewählte Anwendungsszenarien erprobt und bewertet werden. Weitere Umsetzungsmöglichkeiten können die Förderung von Reallaboren bzw. von reinen AVF Quartieren für Feldtests, auch solche ohne Mischverkehr (bzw. bei Sperrung der Straßen für konventionellen Fahrzeugverkehr, sofern möglich), sein. Somit kann die Untersuchung der Akzeptanz von Gesamtkonzepten bzw. Einbettung von Fahrzeugen und Angeboten in einem sozial-räumlichen Kontext ermöglicht werden. In diesem Zusammenhang wurde generell die Empfehlung für mehr Tests in den unterschiedlichen Regionen sowie Ausschreibungen, die auf ein interdisziplinäres Konsortium ausgerichtet sind (bzw. neben Forschungspartner, u.a. auch aus OEMs, ÖPNV-Betreibern, IT-Provider, Stadtplaner, Umwelt-/Energieingenieuren etc.), ausgesprochen.

Erfahrungen mit der Technik ermöglichen: Testfelder sind eine wichtige Plattform für die Öffentlichkeit zur Sammlung von Erfahrungen mit AVF und für Austausch mit Entwicklern der Technik. Gleichzeitig ist der Aufbau von Testfeldern und einzelnen Reallaboren mit einem hohen Ressourcenaufwand verbunden, was dazu führt, dass aktuell nur ein eingeschränkter Anteil der Bevölkerung in Berührung mit der Technik kommen kann. Um dem entgegenzuwirken, wurden die folgenden Vorschläge erarbeitet: Förderung von Roadshows zu AVF, Pop-Up-Stores bzw. Informationsständen, Demonstration im Rahmen von Großevents. Dazu sind entsprechende Ressourcen notwendig und die Nutzung von Synergien zwischen Testprojekten (z.B. durch Bereitstellung von Fahrzeugen oder Unterstützung durch Projektpartner vor Ort) förderlich.

Standardisierung von Prozessen und Agilität in Projekten: Um die bedarfsgerechte Umsetzung vom AVF zu ermöglichen bzw. zu vereinfachen sind einheitliche und standardisierte Genehmigungsprozesse notwendig. Gleichzeitig brauchen Projekte Förderregimes, die mehr Agilität und Flexibilität in der Forschungsarbeit zulassen.

Uneinheitliche, komplexe und lange Genehmigungsprozesse wurden von Vertretern von Forschungsvorhaben häufig als Grund genannt, dass in Forschungsvorhaben zeitliche Verzögerungen oder ein höherer Ressourcenaufwand als geplant vorkamen. An dieser Stelle besteht daher der Bedarf zur Vereinfachung bzw. Standardisierung dieser Prozesse. In diesem Zusammenhang wünschen sich die Fördernehmer einen einheitlichen Rechts- und Zulassungsrahmen für die Tests bzw. eine transparente Zulassungsregelung für automatisierte Fahrzeuge in Deutschland, unter anderem auch in Bezug auf spezifische Anwendungsszenarien wie „Teleoperation“ (z.B. rechtlicher Rahmen, der den Ersatz eines Safety Driver durch einen Teleoperator zulässt).

Gleichzeitig verläuft an Testfeldern ein Lernprozess für alle Beteiligte – sowohl die Technikentwicklung als auch die Akzeptanzerforschung betreffend. Im Rahmen von Projektvorhaben entstehen daher häufig neue Forschungsfragestellungen, die sich als mindestens genauso wichtig wie die eingangs gestellten Forschungsschwerpunkte erweisen. Um diese adressieren zu können, brauchen Forschungsprozesse mehr Agilität und Flexibilität in der Planung und Durchführung bzw. Förderregimes, die solche iterativen Prozesse zulassen. Ein Beispiel hierfür wurde aus einem der laufenden Projektvorhaben genannt: Im Projektplan wurde der Fokus auf die Akzeptanz des AVF durch potenzielle Nutzer gelegt; im Projektverlauf bzw. während des Testbetriebs wurden hohe Akzeptanzbarrieren seitens anderer Verkehrsteilnehmender festgestellt, deren Untersuchung für die Ableitung von Maßnahmen zur Steigerung der gesellschaftlichen Akzeptanz als entscheidend bewertet wurde. Ein weiterer Aspekt sind hohe Unsicherheiten bezüglich des Stands der Technikentwicklung im Projektverlauf, was die Planung von Forschungsarbeiten unter Einbeziehen der Bevölkerung und Stakeholder erschwert. Da es sich um Entwicklungsprojekte handelt, kann meistens nicht von Anfang an genau geplant werden, wie die Tests mit Nutzern ausgestaltet werden können. Beispielsweise können Tests mit einer hohen Fehleranfälligkeit der Technik eine negative Ersterfahrung der Nutzer mit der Technik sein. Des Weiteren können erforderliche strenge Sicherheitsmaßnahmen nur sehr eingeschränkte Testszenarien ermöglichen. Bei allen genannten Beispielen können eine agile Struktur der Projektarbeiten und Optionen für eine flexible Ressourcenplanung die geänderten oder zusätzlichen Forschungsarbeiten ermöglichen.

Dialog und Austausch zwischen Projekten

Neben dem Dialog mit Bevölkerung und Stakeholdern in Projektvorhaben und an Testfeldern besteht auch der Bedarf an einem regelmäßigen und fortlaufenden Dialog bzw. Austausch zwischen den Projekten. Obwohl es bereits erste Plattformen zu einem solchen Austausch gibt (z.B. „Fachgespräch zur Nutzung von digitalen Testfeldern für das automatisierte und vernetzte Fahren“, organisiert durch das BVMi), sind aufgrund der Vielfältigkeit der Forschungsschwerpunkte der Projekte sowie der Unterschiedlichkeit der Projektpartner themenspezifische Dialoge zu etablieren. Darüber hinaus sind einerseits eine zentrale Koordination und Moderation des Kommunikations- und Austauschprozesses und andererseits Motivation und *Commitment* seitens Vertretern von Projektvorhaben zur Teilnahme an solchen Prozessen erforderlich. In diesem Zusammenhang wurden die folgenden Handlungsbedarfe identifiziert:

Institutionalisierung des Austausches zwischen Projekten: Gewünscht ist ein kontinuierlicher und zentral gesteuerter Austausch zwischen geförderten Projektvorhaben. Dieser soll institutionalisiert werden,

z.B. in Form regelmäßiger Treffen, einer gemeinsamen, lernfähigen Datenaustausch-Plattform. Dabei sollen methodische und organisatorische *Lessons Learned* zentral erfasst und berichtet werden. Einzelprojekte laufen bisher weitgehend isoliert und ohne Wissensmanagement (es fehlen bspw. übergreifende Datenstandards), was dazu führt, dass Knowhow auch in Bezug auf die Untersuchung gesellschaftlicher Aspekte verloren geht oder keine Vergleichbarkeit der Ergebnisse möglich ist. Des Weiteren wurde erkannt, dass thematisch fokussierte Arbeitstreffen in einem kleineren Rahmen besonders zielführend sein können. Zur Einbeziehung eines größeren Kreises könnten Formate ausgearbeitet werden, bei denen in einem Rotationsverfahren weitere Teilnehmergruppen in die Diskussion einbezogen werden.

Zentrales Wissensmanagement, Förderung neuer Fehlerkultur und Lernprozess: Als ein zentraler Teil der Institutionalisierung des Austausches zwischen Projekten werden die Etablierung eines Wissensmanagements sowie die Förderung eines Lernprozesses angesehen. Dieser Prozess muss wiederum zentral koordiniert und moderiert werden. Aus Sicht der Projektvertreter soll u.a. auch eine neue Fehlerkultur etabliert werden, z.B. in Form von Fehlerberichten bzw. nicht nur *best practice*, sondern auch *bad practice* den Lernaustausch fördern. Somit sollte die Effizienz und Einbindung neuer Projekte verbessert werden und ein stärkerer, transparenter Dialog über offene Forschungsfragen und Handlungsbedarfe bzw. (gemeinsame) Lösungsansätze gefördert werden.

Um aus den Projekterfolgen, aber auch Projektmisserfolgen Handlungsschwerpunkte für die weitere Technikentwicklung ableiten zu können, sind gemeinsame Dokumentationsregeln zu vereinbaren, die eine kritische Reflexion und Auseinandersetzung mit den Erkenntnissen aus Projektvorhaben fördern. Dabei sind „*Lessons Learned*“ zu den Forschungsinhalten, aber auch zu den Forschungsprozessen, z.B. in Form von Empfehlungen für künftige Projektvorhaben, festzuhalten. Zur Unterstützung des Wissensmanagements zum Thema AVF müssten die Fördernehmer verpflichtet sein, ihre Erkenntnisse zugänglich zu machen. Das *Commitment* dazu kann nur erreicht werden, wenn der Austausch einen deutlichen Mehrwert für alle Projektverantwortlichen darstellt bzw. auch mit entsprechenden Ressourcen unterstützt wird.

Gemeinsame Plattform: Damit ein leichter Zugang zu Informationen zu anderen abgeschlossenen und/oder laufenden Projektvorhaben sowie die Vernetzung zwischen Projektvertretern ermöglicht wird, ist die Entwicklung und Nutzung einer gemeinsamen Plattform sinnvoll. Dabei können Projekte zum einen thematisch kategorisiert werden und zum anderen können einzelne Projektteile in thematischen Clustern zusammengefasst werden (z.B. Akzeptanzforschung, Technik, etc.). Ein Beispiel für die thematische Kategorisierung der Projekte ist in 0 zu finden. Wichtig dabei ist auch die explizite Ausarbeitung von Zusammenhängen zwischen den einzelnen Themen, um zu vermeiden, dass bspw. gesellschaftliche Themen unabhängig von technischen Themen behandelt werden. Darüber hinaus sollte die Plattform neben Informationen auch Kommunikation und Vernetzung zwischen Projektvertretern sowie Datenaustausch (unter Berücksichtigung Datenschutzvorgaben) ermöglichen. Ein konkreter Vorschlag aus den Diskussionen mit Projektvertretern war die Erstellung einer Landkarte bzw. „Hotspot-Karte“ für Deutschland, die die Darstellung von Testbetrieben sowie Vernetzung von regionalen Akteuren ermöglicht.

Austausch von Wissen und Ressourcen: Einige Projektvorhaben untersuchen ähnliche Fragestellungen. Dabei kann eine separate Untersuchung der Forschungsfragen zu unabhängigen und sich ergänzenden Ergebnissen führen. Gleichzeitig kann der Austausch von Wissen und Erfahrungen zwischen den Projekten zur Entwicklung gemeinsamer Lösungen beitragen.

Neben Austausch von Wissen kann der Austausch von Ressourcen zu einer effizienteren Nutzung der finanziellen Förderrahmen beitragen. Ein Beispiel hierfür ist der Austausch von Ressourcen für gemeinsame Kommunikationsmaßnahmen, von Versuchsträgern und Technologiekomponenten (Wiederverwertung z.B. von Prototypen/ Pilotfahrzeugen und Technologien) sowie von Materialien in Form von z.B. Erhebungsinstrumenten.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass ein strategischer und effektiver Kommunikationsprozess in Forschungsprojekten wesentlich ist für die Einbindung der Gesellschaft, die Förderung der Akzeptanz von AVF sowie für den Austausch zwischen Projektvorhaben. Dieser Kommunikationsprozess sollte ein expliziter Teil von zukünftigen Projektvorhaben sein, mit entsprechenden Ressourcen unterstützt und professionell (d.h. von

Kommunikationsexperten) durchgeführt werden. Im Zusammenhang mit der Erforschung gesellschaftlicher Fragestellungen zum AVF sowie als Basis für die strategische Ausrichtung der Kommunikation ist die Entwicklung eines gemeinsamen Zielbildes des AVF bzw. der Rolle des AVF für die Gestaltung eines nachhaltigen zukünftigen Verkehrssystems notwendig. Des Weiteren müssen in einem nächsten Schritt Realbetriebe von einem größeren Nutzen geschaffen werden. Nicht zuletzt soll der Austausch von Projekten institutionalisiert bzw. zentral koordiniert werden und durch Schaffung einer gemeinsamen Plattform und Förderung eines gemeinsamen Lernprozesses unterstützt werden.

7. Reflexion gesellschaftlicher Themen- und Konfliktfelder zum AVF, Ausarbeitung von Lösungsansätzen zur Gestaltung des Dialogs

Im Rahmen der Abschlussveranstaltung des Projekts wurden mit ausgewählten Experten und Expertinnen die Themen- und Handlungsschwerpunkte für den gesellschaftlichen Dialog zum AVF reflektiert und diskutiert. Der Fokus lag (1) auf den Konflikten bzw. Spannungsfeldern, welche zwischen den Interessen und Anforderungen verschiedener Akteure bei der Automatisierung und Digitalisierung im Verkehrssystem entstehen können, sowie (2) auf Lösungsansätzen. Basis für die Diskussionen stellten die Erkenntnisse aus dem Projekt dar, die in den vorherigen Kapiteln dargestellt wurden.

Die Ausarbeitung der Themen- und Handlungsbedarfe erfolgte in drei parallelen Dialog-Gruppen. Jede Gruppe hatte zwar einen thematischen Schwerpunkt. Bei der Diskussion wurden jedoch die Perspektiven von Experten und Expertinnen bzw. Stakeholdern aus unterschiedlichen Bereichen zum AVF berücksichtigt, da die Gruppenzusammensetzung interdisziplinär war. Einige der Diskussionsschwerpunkte knüpften direkt an Aspekte an, die bereits im Projektverlauf im Rahmen von Arbeitstreffen oder Workshops mit Experten und Expertinnen ausgearbeitet worden waren.

7.1. Akzeptanz und Verkehrswirkungen

Die erste Dialog-Gruppe widmete sich den Themen Akzeptanz und systemische Verkehrswirkungen. Der Schwerpunkt der Diskussion lag auf den Konflikten zwischen den Interessen potenzieller Nutzer*innen der Technik und gesamtgesellschaftlichen Interessen. Die folgenden Konfliktlinien und Lösungsansätze für den gesellschaftlichen Dialog zum AVF wurden dabei identifiziert:

Themenschwerpunkte, Konflikte und Allianzen

Bedarfe und Präferenzen von Nutzer*innen des MIV vs. Bedarf der Reduzierung von MIV: Durch die zunehmenden Umweltprobleme entsteht die Notwendigkeit zu Veränderung der Mobilität bzw. zu einer Mobilitätswende, insbesondere in Städten. Dies verlangt vor allem von Nutzer*innen des MIV eine grundsätzliche Änderung ihres gewohnten Verhaltens sowie ihrer Einstellungen, wozu die Mehrheit allerdings nicht bereit ist. Einige der wichtigsten Gründe dafür sind die Vorteile, die Autonutzung aktuell anbietet, vor allem Flexibilität, Tür-zu-Tür-Verbindung, Komfort und Privatsphäre. Der Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel wird daher nur dann erfolgen, wenn die Attraktivität des ÖV deutlich gesteigert wird, was mit zusätzlichen Investitionskosten verbunden ist. Ob und wie das AVF dazu beitragen kann, sollte ein zentrales Thema in der Diskussion zur Gestaltung eines zukünftigen nachhaltigen Verkehrssystems sein.

Verkehrssicherheit durch umfassende Datennutzung vs. Datenschutz und Recht auf Privatsphäre: Einige technische Lösungen zur Erhöhung der Sicherheit im Verkehr sehen als wichtigen Teil der Automatisierung auch die Vernetzung der Fahrzeuge mit den anderen Verkehrsteilnehmenden vor. Das impliziert einen permanenten Austausch an Bewegungsdaten und Informationen über Personen im öffentlichen Straßenraum, die als Grundlage für die Entscheidungsalgorithmen in automatisierten Fahrzeugen genutzt werden. Als Beispiel wurde die Ausstattung von Schulranzen bzw. Schülern auf der Straße mit Kommunikationstechnik, die Informationen über die Position der Kinder an das Fahrzeug übermittelt, aufgeführt. Ziel wäre es dabei, die entsprechenden Handlungsgrundlagen für das Fahrzeug zur Verfügung zu stellen, damit die Sicherheit derjenigen gewährleistet wird, die zu Fuß unterwegs sind. Gleichzeitig verlangt die Sammlung von detaillierten Echtzeitdaten das Preisgeben von Daten und Informationen über einzelne Personen, was als Einschränkung der Privatsphäre dieser Personen interpretiert werden könnte. Die Notwendigkeit von Datenaustausch und entsprechende Regelungen bei der Vernetzung automatisierter Fahrzeuge sollten daher in einem Dialog zwischen den Technikherstellern und den Betroffenen (bzw. deren Vertreter) ausgehandelt werden.

Projekt- und Umsetzungsinteressierte vs. kommunale Realität: Aktuelle Förderprogramme

ermöglichen die Umsetzung von Projektvorhaben und Feldtests auf regionaler Ebene. Dies bietet die Chance, dass regionale Bevölkerung, Verwaltung und weitere Akteure erste Erfahrungen mit dem AVF sammeln. Gleichzeitig kam im Rahmen der Diskussion auf, dass Interessierte an der Umsetzung eines Projektvorhabens auch an Widerständen durch regionale politische Entscheidungsträger aufgrund fehlender Erfahrungen, Kompetenzen, Ressourcen und/ oder politischem Willen stoßen. Offene Fragen, Interessen, Potenziale und Umsetzungsmöglichkeiten im Zusammenhang mit Projektvorhaben zum AVF sollten daher Gegenstand eines Dialogs zwischen Vorhabenverantwortlichen bzw. (potenziellen) Konsortialpartnern und relevanten regionalen Stakeholdern, insbesondere Entscheidungsträgern sein. Nicht zuletzt sollte darauf hingewiesen werden, dass der Dialog zur Technik aktuell meistens in den Städten geführt wird und dadurch ein unterschiedlicher Stand des Wissens und der Akzeptanz zum AVF zwischen städtischen und ländlichen Räumen zustande kommt. Das Einbeziehen unterschiedlicher Regionen mit ihren Bedarfen und Interessen in den gesellschaftlichen Dialog zum AVF ist umso wichtiger, als damit die Skalierbarkeit der entwickelten Mobilitätslösungen erreicht werden kann.

Individuelle Interessen einzelner Stakeholder vs. gesamtgesellschaftliche Interessen: Darüber hinaus wurden allgemeine Konfliktpotenziale zwischen Interessen einzelner Stakeholder und gesamtgesellschaftlichen Interessen sowie Spannungsfelder zwischen einzelnen Akteursgruppen diskutiert. Zum einen wurde eine Diskrepanz zwischen der Richtung der Entwicklung des AVF durch die Automobilhersteller und den gesellschaftlichen Anforderungen an die Technik thematisiert. Automobilhersteller stellen nach Einschätzung einiger Experten und Expertinnen die technische Machbarkeit der Lösungen und ihre wirtschaftlichen Interessen bei der Entwicklung im Vordergrund und lassen dabei verkehrsbezogene Herausforderungen, vor denen Kommunen aktuell stehen, außer Acht. An dieser Stelle bedarf es einer Stärkung der Gestaltungshoheit bzw. -macht der Städte, Gemeinden und Vertreter anderer Verkehrsteilnehmender und die gemeinsame Ausarbeitung eines Interessensausgleichs. Ähnliche Konflikte wurden für Mobilitätsanbieter und die Stadt angesprochen. Einerseits bieten autonome Kleinbusse bzw. Shuttles die Möglichkeit, den ÖV flexibler zu machen. Gleichzeitig resultieren daraus Fragen zur Flächennutzung und zur potenziellen Verkehrszunahme in Quartieren bzw. Städten. Eine Analyse der Potenziale und Herausforderungen bei der Umsetzung neuer Mobilitätskonzepte ist daher bei der Ausarbeitung einen wünschenswerten Einsatzes der Technik unerlässlich. Nicht zuletzt stellen offene Fragen zur Ausgestaltung und Finanzierung der Infrastruktur für AVF ein Spannungsfeld innerhalb und zwischen einzelnen Stakeholder-Gruppen, insbesondere innerhalb der Automobilindustrie und zwischen der Automobilindustrie und Kommunen, dar. Dabei geht es zum einen um die Entwicklung einheitlicher Standards für die Kommunikation zwischen den Fahrzeugen und zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur. Zum anderen geht es um die Klärung von Zuständigkeiten und die Übernahme der hohen Investitionskosten für den Ausbau und die Wartung der erforderlichen physischen und digitalen Infrastruktur.

Lösungsansätze und Herausforderungen

Ausarbeitung von Dialogzielen und Zukunftsvision: Um eine gemeinsame Basis für die Diskussion zu schaffen, sollten zum Anfang des Dialogprozesses erst die konkreten Dialogziele sowie ein gemeinsames Verständnis über die wünschenswerte Umsetzung des AVF bzw. allgemein eine Vision für nachhaltige Mobilität entwickelt werden. Die Ziele können dabei sehr unterschiedlich sein, z.B. technische Herausforderungen bei der Entwicklung und Einsatz vom AVF, nachhaltige Mobilität und die Rolle des AVF als ein Element davon, Definition von Sicherheitserwartungen an die Technik etc. Es gilt daher, Ziele zu definieren und zu priorisieren. Ein strategisches Ziel des Dialogs mit der Bevölkerung kann es dabei auch sein, die Notwendigkeit zur Verhaltensänderung zu verdeutlichen. In diesem Fall ist ein offener Dialog elementar wichtig, betonen die Experten und Expertinnen. Nicht zuletzt ist zu hinterfragen, ob ein Konsens in der Tat das Hauptziel des Dialogs sein kann. Zielführender erscheint die Harmonisierung von Zielen bzw. Interessen, die meistens eher gelingt.

Definition des Dialogfokus: Die im vorherigen Absatz genannten Aspekte haben sich auf die strategische Ausrichtung des gesellschaftlichen Dialogs zum AVF bezogen. Zusätzlich wurde diskutiert, dass auch der Fokus des Dialogs gemeinsam bestimmt werden muss. Zum einen wurde empfohlen, dass der Dialog zum AVF in die allgemeine Diskussion zur Transformation der Mobilität eingebettet werden sollte. Es müssen auch verbindliche einheitliche Regeln für den Testbetrieb und Einsatz vom AVF im Rahmen des Dialogs

ausgehandelt werden. Bei dem Dialog sollte auch offen und konstruktiv darüber diskutiert werden, welche Anforderungen an die Technik sich in Bezug auf ihre Umweltverträglichkeit und Sicherheit ergeben.

Anforderungen an die Umsetzung des Dialogs: Anerkannt wurde, dass die Umsetzung eines zielführenden gesellschaftlichen Dialog mit besondere Herausforderungen verbunden ist. Die folgenden Lösungsansätze bzw. Anforderung an die Umsetzung des Dialogs wurden in der Diskussion herausgearbeitet:

- Der Dialog soll nicht punktuell, sondern als ein iterativer Prozess verstanden werden. Voraussetzung ist dabei die Verstetigung des Prozesses.
- Der Dialog soll nicht nur in Städten, sondern in verschiedenen Regionen durchgeführt werden, um ein Auseinanderdriften zwischen städtischem und ländlichem Raum zu vermeiden und raumspezifische Bedarfe sowie unterschiedliche sozio-kulturelle Kontexte zu berücksichtigen.
- Unterschiedlicher Stakeholder müssen in den Dialog eingebunden werden. Eine Voraussetzung für die Umsetzung sehen die Experten und Expertinnen Ausstattung der Projekte mit hierfür verwendbaren Ressourcen.
- Der Austausch zwischen Projektvorhaben muss weiterhin gefördert werden.

Schaffung von Sichtbarkeit und Erfahrbarkeit: Neben dem Dialog zum AVF ist die Schaffung von Sichtbarkeit und Erfahrbarkeit des AVF entscheidend für die Förderung der Akzeptanz der neuen Technik. Dabei wurden unterschiedliche Ansätze, die es Bürger*innen ermöglichen, Erfahrungen mit AVF zu sammeln, diskutiert. Unter anderem sind Testfelder eine wichtige Plattform dafür. Auch der Einsatz von AVF bei Großereignissen und die Steigerung der Medienpräsenz des Themas können dazu beitragen.

7.2. Wirtschafts- und Innovationsstandort Deutschland

Die zweite Dialog-Gruppe widmete sich dem Thema Wirtschafts- und Innovationsstandort Deutschland. Der erste Ansatzpunkt der Diskussion war die Ausarbeitung von Konfliktpotenzialen zwischen den Anforderungen eines Strukturwandels zur Förderung Deutschlands als Innovationsstandort im Bereich des AVF und der Wahrung der bestehenden Wirtschaftskraft, insbesondere im Hinblick auf die Rolle der Automobilindustrie. Aktuell gibt es u.a. durch die Entwicklung vom AVF eine große Dynamik in der Industrie – Zulieferer werden zu Automobilherstellern, Autos werden zu „IT-Plattformen auf Rädern“, Innovationen entstehen auf unterschiedlichen Orten, neue Player dringen in den Mobilitätsmarkt ein. Es gilt dabei zu klären, an welcher Stelle es Abhängigkeiten zwischen unterschiedlichen Akteuren gibt und wie wirtschaftspolitische mit verkehrspolitischen Zielen im Kontext vom AVF zu vereinbaren sind. Die folgenden Konfliktlinien und Lösungsansätze für den gesellschaftlichen Dialog zum AVF wurden dabei identifiziert:

Themenschwerpunkte, Konflikte und Allianzen

Entwicklung individueller vs. kollektiver Mobilitätslösungen/-angebote: Die Form des AVF (Ridesharing-Flotten vs. Privat-Pkw vs. ÖV-Verkehrsmittel bzw. hybride Formen) bedingt, welche Wirtschaftsakteure wie stark involviert sind. Eine Frage, die im Rahmen des Dialogs u.a. geklärt werden sollte, war, welche Form am Ende in welchem Ausmaß sich durchsetzen sollte. Dabei steht das Thema in einem engen Zusammenhang sowohl mit wirtschaftspolitischen als auch mit verkehrspolitischen Themen (z.B. Innovationsförderung, Wirtschaftsleistung und Mobilität). Konfliktpotenziale können dabei durch unterschiedliche Zielen und Interessen einzelner Akteure entstehen, aber auch durch unterschiedliche Ansätze zur Förderung von Innovationen. Zum letzten Punkt ist zu klären, inwieweit eine Entwicklungsrichtung vorgegeben werden sollte, oder aber inwieweit die Förderung eines Wettbewerbs von Ideen und Experimenten Vorrang haben sollte.

Klärung von Unsicherheiten und Rollenverteilung bzgl. der Entwicklung des AVF: Als eine wesentliche Aufgabe des Dialogs ist es zu identifizieren, an welchen Stellen ungeklärte Verantwortlichkeiten bei der Entwicklung des AVF (inkl. Infrastruktur) existieren. Als eine große Herausforderung wurde die Unsicherheit bzgl. der Richtung und des Endziels der Entwicklung von AVF (von Levels bis hin zu Geschäftsmodelle) identifiziert. Davon abhängig werden auch Unsicherheiten bzgl. der Rolle und

Verantwortlichkeiten unterschiedlicher Akteure eingeschätzt. Ungeklärt ist bspw. die Rolle der öffentlichen Hand und der Automobilhersteller bei Aufbau und Betrieb der Infrastruktur (ein Aspekt, der auch im Rahmen der anderen Dialog-Gruppen intensiv diskutiert wurde).

Lösungsansätze und Herausforderungen

Aktive Einbindung von Stakeholdern in Projekten: Die aktive Einbindung von einer Vielzahl an Stakeholdern in die Projekte wurde von den Experten und Expertinnen in der Dialog-Gruppe als sehr wichtig erachtet. Beispielsweise sollte öffentlichen Betreibern die Möglichkeit gegeben, in Projekten experimentieren zu dürfen, um Erfahrungen mit AVF zu sammeln. Einigkeit besteht an dieser Stelle darin, dass im Allgemeinen Testprojekte wichtig sind, um Erfahrungen mit der Technik zu sammeln. Gleichzeitig sind die Zulassungsbedingungen regional sehr unterschiedlich – an dieser Stelle besteht Bedarf zur Vereinfachung administrativer Prozesse und auch zur Entwicklung von Rahmenbedingungen, die Experimente fördern.

Unterschiedliche „Flughöhen“ des Dialogs: Der Dialog muss auf unterschiedlichen Flughöhen stattfinden - z.B. lokal, national, international, was wiederum die Einbindung unterschiedlicher Akteure und die Anpassung der thematischen Schwerpunkte zur Folge hat. Punktuelle oder in einem eingeschränkten Kreis entwickelte Lösungsansätze werden der Komplexität des Themas und den Abhängigkeiten zwischen den unterschiedlichen Ebenen nicht gerecht bzw. erscheinen nicht zielführend und umsetzbar.

Dynamik des Dialogprozesses: Nicht zuletzt braucht der Dialogprozess eine Dynamik zwischen Themen, Stakeholdern, Flughöhen und Lernprozessen. Mit anderen Worten, im Rahmen des Dialogprozesses soll ein kontinuierlicher Wechsel von Themen und Akteuren in Abhängigkeit von unterschiedlichen Flughöhen und von im Rahmen von Projektvorhaben gewonnenen Erkenntnissen und Erfahrungen stattfinden.

7.3. Rahmenbedingungen und Umsetzung

Der dritte Themenschwerpunkt hat die Rahmenbedingungen und die Umsetzung des AVF zum Gegenstand. Die Diskussion innerhalb der Dialog-Gruppe wurde mit dem folgenden Konfliktschwerpunkt überschrieben: Die Unsicherheiten hinsichtlich der Technikentwicklung stellen Herausforderungen zur Entwicklung der Rahmenbedingungen und zur aktiven Mitgestaltung dar. In der Dialog-Gruppe gab es eine Verständigung auf Kernergebnisse bzgl. bestehender Konflikte und „Allianzen“, d.h. Gemeinsamkeiten oder Synergien, sowie Herausforderungen und Lösungsansätzen. Diese werden im Folgenden aufgeführt.

Themenschwerpunkte, Konflikte und Allianzen

Konzertierte Strategie über die verschiedenen Politikebenen (Bund, Länder, Kommunen) hinweg: Die Kommunikation und Zusammenarbeit bei der Entwicklung und Umsetzung der Ziele werden zwischen den verschiedenen politischen Ebenen und Ministerien als verbesserungswürdig angesehen. Sie sollten auch in einem Dialog miteinander verbunden sein, bei dem klare Regeln der Zusammenarbeit gelten und eine Zielorientierung und adäquate Ergebnisverwertung und Dokumentation gewährleistet sind. Trotz vieler Runden und Gremien wird ein Ergebnisumsetzungsdefizit gesehen und eine gemeinsame Strategie vermisst. Als Grund für die mangelnde Zusammenarbeit werden Zuständigkeitskonflikte insbesondere zwischen Bund und Kommunen sowie Rivalitäten gesehen.

Technikentwicklung im Dialog: Was ist technisch erforderlich, was brauchen die Nutzer*innen, was muss die Infrastruktur können? Eine Herausforderung wird darin gesehen, die technische Entwicklung inklusiv zu gestalten, sodass unter anderem auch dem Prinzip der Daseinsvorsorge weiterhin entsprochen werden kann. Wer etwa kein mobiles Endgerät zur Nutzung eines Verkehrsangebots verwenden kann oder möchte, sollte dennoch die Möglichkeit haben, über alternative Wege das Angebot in Anspruch zu nehmen. Zugleich werden auch Anforderungen der Technik an die Nutzer*innen und ein Konflikt „Maschinenwahrnehmen/-verhalten“ versus menschliches Denken und Wahrnehmen festgestellt. Eine gegenseitige Anpassung und Aushandlung wird als nötig erachtet.

Es ergeben sich auch Anforderungen der Technik an die Infrastruktur. Eine Herausforderung wird im Zusammenspiel der Technik im Fahrzeug und der Infrastruktur und Fahrzeugumwelt gesehen. Der Konflikt

besteht darin, dass aus kommunaler Sicht und im Sinne einer sparsamen Verwendung öffentlicher Gelder das Interesse besteht, das Fahrzeug so auszustatten, dass es sich in jedem Raum sicher bewegen kann, ohne eine „smarte“ Infrastruktur vorauszusetzen. Im Interesse der Entwicklung und Wirtschaft besteht hingegen das Interesse, durch smarte Infrastruktur die noch bestehenden Defizite der Fahrzeugtechnologie zu kompensieren und eine frühzeitigere Anwendung auf der Straße zu erreichen. In dem Zusammenhang stellt sich die Frage nach den Kosten für die Infrastrukturmodernisierung bzw. für die Unterstützung der Fahrzeugentwickler. Es muss abgewogen werden, welche Maßnahmen im Interesse der Allgemeinheit liegen, damit der Einsatz öffentlicher Gelder gerechtfertigt ist.

Unklare Zuständigkeiten und fehlender Fortschritt bei der Schaffung von Standards und rechtlichen Grundlagen: Ein Kerndefizit wird in fehlenden Gesetzen und Standards für die Entwicklung und Erprobung des AVF gesehen. Der Handlungsbedarf bzgl. der Schaffung rechtlicher Grundlagen für das AVF sowie von Standards und einheitlichem Verfahren z. B. bei der Prüfung und Genehmigung von Testprojekten wurde auch bereits im Stakeholder-Beteiligungsprozess zum Ausdruck gebracht (siehe 5.4). In der Dialog-Gruppe wird zudem auf die unklaren Zuständigkeiten der politischen Ebenen für den Standardisierungsprozess und die verschiedenen Gremien eingegangen. Die Akteure aus Forschung und Entwicklung, also etwa Hersteller und Forschungsprojekte sind abhängig von Fortschritten bei der Standardisierung, aber nehmen wahr, dass die Verantwortung zwischen verschiedenen Stellen und Politikebenen hin- und hergeschoben wird.

Differenz zwischen Zielbild und vorhandenem Produkt: Ein Ziel von Testprojekten ist, dass die späteren Nutzer*innen mit der Technik des AVF in Kontakt kommen und Erfahrungen sammeln sollen. Ein Widerspruch wird in der Vision des AVF, wie es in der Zukunft einmal aussehen soll, und dem tatsächlichen Produkt zum Zeitpunkt der Erprobung gesehen. Die Fahrzeuge, die bisher verfügbar sind und am Straßenverkehr teilnehmen dürfen, sind nicht marktreif und repräsentieren erst ansatzweise AVF. Die Folge könnte sein, dass ein falsches Bild und falsche Erwartungen erzeugt werden. Gleichwohl wird die Erprobung im Testprojekt als wichtige Möglichkeit erachtet, Erfahrungen zu vermitteln und Akzeptanz zu fördern sowie die Bedürfnisse künftiger Nutzer*innen und Verkehrsteilnehmender besser einschätzen zu können.

Lösungsansätze und Herausforderungen

Rückkopplung der Erkenntnisse aus Beteiligungsrunden, geeignete Zusammensetzung finden und Durchlässigkeit zwischen Ebenen und Stellen zur Weitergabe der Erkenntnisse: Während es zahlreiche Beteiligungsrunden zum Thema AVF gibt, wird ein Defizit beim Erkenntnisgewinn sowie der Handlungsrelevanz gesehen. Einerseits wird der Grund dafür in einer mangelnden Rückkopplung der Ergebnisse unterschiedlicher Gremien vermutet mit der Folge, dass keine gezielten und konzertierten Lösungsansätze entwickelt werden sowie kein Erkenntnisfortschritt erzielt wird und immer wieder die gleichen Fragestellungen behandelt werden. Andererseits wird das Problem identifiziert, dass die Beteiligungsrunden nicht mit den geeigneten Akteuren für die jeweiligen Fragestellungen besetzt sind. Zum Beispiel sind das fehlende Entscheidungskompetenzen oder die Fokussierung auf nationale Zuständigkeit für eigentlich international zu entscheidende Themen (wie im Fall von Standards der Technik). Die Feststellung solcher Fehlstellen sollte dann dazu führen, dass die Fragestellungen an die geeigneten Stellen weitergegeben und dort behandelt und geklärt werden.

Geeignete Themen und Zeitpunkte für den Dialog: Wen befragt man zu welchem Zeitpunkt zu welchem Thema? Angrenzend an den vorherigen Punkt wird auch die passende Themenwahl und Wahl des Zeitpunkts als entscheidend benannt, insbesondere wenn es um den Zeitpunkt der Beteiligung von Laien bzw. Bürger*innen geht. Die Beteiligung verschiedener Akteursgruppen könnte je nach Prozessschritt variieren oder abgestuft erfolgen.

Dialog als zentrales Element der gesellschaftlichen Aushandlung künftiger Mobilität: Ein Dialog wird als Lösungsansatz gesehen, um die Herausforderung der teils extrem unterschiedlichen Positionen und Ziele der verschiedenen Akteursgruppen zu adressieren und eine gemeinsame Vision von zukünftiger Mobilität zu schaffen bzw. einen gemeinsamen Nenner zu finden. Der Dialog sollte bestimmte Anforderungen erfüllen, z. B. iterativ erfolgen und mit den für die jeweiligen Themen relevanten Akteuren zum notwendigen Zeitpunkt besetzt sein.

8. Konzept für den (weiterführenden) gesellschaftlichen Dialog

Kernerkenntnis 11: Künftige Dialoge sollten an einer Auseinandersetzung zu den identifizierten Konflikten ansetzen und ein breites Spektrum an betroffenen Akteuren beteiligen.

Kernerkenntnis 12: Der gesellschaftliche Dialog muss wissenschaftlich fundiert sein. Die Qualität der Ergebnisse hängt von der Qualität des Dialog-Verfahrens ab; daher müssen bestimmte Gütekriterien erfüllt sein.

Im Projektplan von DiVA ist die „Konzeptentwicklung für den gesellschaftlichen Dialog“ vorgesehen. Als Zielstellung ist formuliert, dass „gesellschaftliche Themen- und Spannungsfelder zum automatisierten und vernetzten Fahren“ identifiziert werden sollen, „um daraus Empfehlungen für den weiterführenden gesellschaftlichen Dialog [...] abzuleiten“. Weiter heißt es, dass „unter Berücksichtigung der Perspektiven aller Akteure [...] Empfehlungen für den weiterführenden gesellschaftlichen Dialog abgeleitet [werden sollen]. [...] Ziel ist es, durch frühzeitige Transparenz in der Darstellung möglicher Potenziale und Risiken der Technik einen fruchtbaren gesellschaftlichen Dialog vorantreiben zu können, der wesentliche Voraussetzung für das Gelingen der Innovation „Vernetzung und Automatisierung“ ist.

Im Laufe des Forschungsprojekts konnte der Fokus und Dialogbegriff im Vergleich dazu konkretisiert und weiterentwickelt werden. Dabei wird weniger von einer Informations- bzw. Kommunikationskampagne ausgegangen, die zu den Risiken aufklärt und dadurch Akzeptanz in der Bevölkerung zu erreichen sucht. Vielmehr wird unter dem Dialog ein Austausch und eine Auseinandersetzung verschiedener gesellschaftlicher Gruppen zu ihren Anforderungen und Interessen vor dem Hintergrund der jeweilig wahrgenommenen Herausforderungen und Risiken, welche die Technik des automatisierten und vernetzten Fahrens mit sich bringt, verstanden. Darüber hinaus geht es bei einem *gesellschaftlichen* Dialog um eine übergeordnete Perspektive, in der die partikularen Interessen und Anforderungen ins Verhältnis zu übergeordneten Interessen und Anforderungen im Sinne des Allgemeinwohls gestellt werden.

Im Folgenden werden zunächst die Zielstellung des Dialogs erläutert, dann die Bestandteile des Dialogs, die in dem „Testlauf“ identifiziert wurden, sowie die Anforderungen und Gütekriterien für den weiterführenden Dialog ausgeführt. Abschließend wird auf Aspekte der zeitlichen Strukturierung und praktischen Umsetzung eingegangen und Hinweise zu möglichen Fallstricken und Desideraten eines gesellschaftlichen Dialogs gegeben.

Abgesehen von der Nutzer*innenbefragung waren die genannten Erhebungen selbst als Beteiligungsformat konzipiert bzw. es fand dabei ein Dialogprozess statt. Sie lassen sich als praktische Erprobung eines gesellschaftlichen Dialogs verstehen. Auch die Fehlstellen und Desiderate für einen idealen Dialog wurden in der Erprobung deutlich. Vor diesem Hintergrund konnten im Projekt die Anforderungen an ein wünschenswertes Verfahren des gesellschaftlichen Dialogs und Gütekriterien erarbeitet und geschärft werden.

Einen zentralen Stellenwert im Dialogkonzept haben die Konflikt- und Synergiepotenziale erhalten, die sich in Bezug auf die verschiedenen Interessen und Anforderungen der beteiligten Akteursgruppen zeigten. Auch ein Dialog wird kaum bewirken, dass sich die Unterschiede und Widersprüche auflösen. Er kann aber dazu beitragen, die Konflikte und Gemeinsamkeiten explizit und transparent zu machen, Prioritäten und mögliche Zugeständnisse herauszuarbeiten sowie geeignete Handlungspfade aufzuzeigen. So kann der Dialog den Entscheidungsträger*innen eine Grundlage bieten, eine qualifizierte und gesellschaftlich akzeptable Abwägung und Entscheidungsfindung zu leisten.

8.1.1. Ziele des gesellschaftlichen Dialogs zum AVF

Wozu bedarf es eines gesellschaftlichen Dialogs zum automatisierten und vernetzten Fahren (AVF)? Wie anhand der Erkenntnisse aus Literatur- und Stakeholderanalyse sowie aus den Befragungen von Nutzer*innen und Stakeholdern (s. *Kapitel 4 bis 6*) zu erkennen ist, bestehen unterschiedliche und teilweise

gegenläufige Interessen und Anforderungen bezüglich der Einführung und Gestaltung der Innovation zwischen den und innerhalb der verschiedenen Akteursgruppen.

Im Kontext des AVF wurden zwei zentrale Bezugspunkte bzw. Pole für einen gesellschaftlichen Dialog identifiziert: zum einen die *gesellschaftliche Akzeptanz*, zum anderen die *Förderung des Wirtschafts- und Innovationsstandorts Deutschland*. Dazu kommen als weitere Instanzen Regierung und Verwaltung sowie Forschung und Entwicklung.

Als Ziel eines gesellschaftlichen Dialogs wird die **Aushandlung der schwierig zu vereinbarenden oder sogar gegenläufigen Interessen und Anforderungen**, die sich um die beiden genannten Pole versammeln, gefasst.

Im Rahmen des Dialogs sollten zunächst die diversen Interessen und Anforderungen der gesellschaftlichen Gruppen offengelegt bzw. formuliert werden, um sie in einem zweiten Schritt ins Verhältnis zueinander zu setzen und ihre Vertreter*innen in den Austausch zu bringen. Regierung und Verwaltung sowie Forschung und Entwicklung sind in ihrer Doppelrolle zu sehen: Sie haben eigene Interessen und Anforderungen, aber auch Entscheidungsmacht über die Entwicklung und Implementierung von Innovationen. Entscheidungsträger*innen aus diesen Bereichen, also aus Forschung und Entwicklung sowie Regierung und Verwaltung sollten in den Dialog eingebunden sein und damit dazu beitragen, dass die Dialogergebnisse bei Entscheidungen zur Gestaltung und Implementierung des AVF berücksichtigt werden.

8.1.2. Umsetzung des Dialog-Konzepts, Erkenntnisse aus dem „DiVA“-Dialog

Wie in der Methodenbeschreibung unter 0 beschrieben, werden die einzelnen Projektbestandteile bereits als praktische Erprobung eines gesellschaftlichen Dialogs verstanden. Die Umsetzung und Implementierung des „DiVA“-Dialogs werden im Folgenden unter Berücksichtigung der zeitlichen und inhaltlichen Strukturierung, der thematischen Schwerpunkte und Akteursgruppen sowie geeigneter Instrumente und Plattformen beschrieben. Zudem werden die „*Learnings*“, also Erkenntnisse zur Verbesserung aus dem „DiVA“-Dialog adressiert.

Zeitliche und inhaltliche Strukturierung: Phasen des Dialogs und der Innovationsentwicklung

Ein Dialog sollte einen Anfang und ein Ende haben und damit verbunden eine inhaltliche Strukturierung, damit der eigentliche Gegenstand des Dialogs nachvollziehbar wird und die möglichen Beteiligten wissen, worauf sie sich einlassen und was sie erwarten können. Das in DiVA entwickelte Konzept unterscheidet drei Phasen des Dialogs zum AVF:

- **Phase 1: Inhaltliche und strukturelle Grundlagen für den Dialog erarbeiten.**

In der Phase soll ein Überblick über die thematischen Schwerpunkte des AVF im Hinblick auf Chancen, Risiken, Anforderungen und Interessen, sowie über die relevanten Akteure und gesellschaftlichen Gruppen erarbeitet werden.

- **Phase 2: Akteure zu konkreten Themen in den Dialog treten lassen und Ergebnisse rückkoppeln.**

In der zweiten Phase beginnt der eigentliche Austausch zwischen und innerhalb der definierten Akteursgruppen und zu den definierten Themenschwerpunkten. Wichtig dabei ist, dass die Ergebnisse der einzelnen Prozesse kontinuierlich aufbereitet und wiederum in die weiteren Prozesse eingebracht werden. Das Ergebnis besteht in der Identifizierung der Konfliktlinien und Synergien und mögliche Bedingungen für eine Harmonisierung der Interessen und Anforderungen.

- **Phase 3: Erkenntnisse in Entscheidungsverfahren im Hinblick auf Entwicklung und Implementierung einbringen.**

In der dritten Phase geht es um die Ergebnisverwertung. Erkenntnisse sollen aus den verschiedenen

Ergebnissen der inhaltlichen Dialogprozesse abgeleitet, in geeigneter Form aufbereitet und in einen weiteren Austausch mit den wissenschaftlichen und wirtschaftlichen (die die Entwicklung wesentlich beeinflussen) sowie den politischen Entscheidungsträger*innen eingebracht werden. Im Fall von DiVA diente dazu einerseits die Abschlussveranstaltung, andererseits der enge und projektbegleitende Austausch mit dem Bundesministerium für Verkehr (BMVI).

Der Zeitraum für die Führung des gesellschaftlichen Dialogs zum AVF ist prinzipiell fortlaufend, die zeitliche Begrenzung oder Strukturierung lässt sich aber an der Technologieentwicklung und ihrer Implementierung orientieren. Unser Vorschlag ist die Orientierung an den Innovationsphasen²⁶.

Die erste Innovationsphase ist demnach durch Konzeptionen und Visionen des AVF geprägt, die zweite durch Forschung und Entwicklung der Technologie sowie ihrer Erprobung; die dritte durch Implementierung und die vierte schließlich durch den Markthochlauf. Eine zeitliche Strukturierung des Dialogs könnte in Anlehnung daran so verlaufen, dass in jeder Innovationsphase ein Dialogverfahren bestehend aus den genannten drei Dialogphasen aufgesetzt werden.

Thematische Schwerpunkte und zentrale Akteure

Legt man die im Vorhergehenden beschriebene Systematik zugrunde, spielte sich der „DiVA“-Dialog in der Innovationsphase 2 ab. Ergebnis der beiden ersten Dialogphasen des „DiVA“-Dialogs war zum einen die Identifizierung von drei Themenschwerpunkten: Akzeptanz und systemische Verkehrswirkungen, Wirtschafts- und Innovationsstandort Deutschland und Rahmenbedingungen und Umsetzung.

Zum anderen wurden drei zentrale Akteursgruppen erkannt: Nutzer*innen und andere Verkehrsteilnehmende, Stakeholder bzw. Repräsentant*innen von gesellschaftlichen Teilgruppen und Partikularinteressen und Akteure aus Forschung und Entwicklung, insbesondere aus Testprojekten (siehe Abbildung 4).

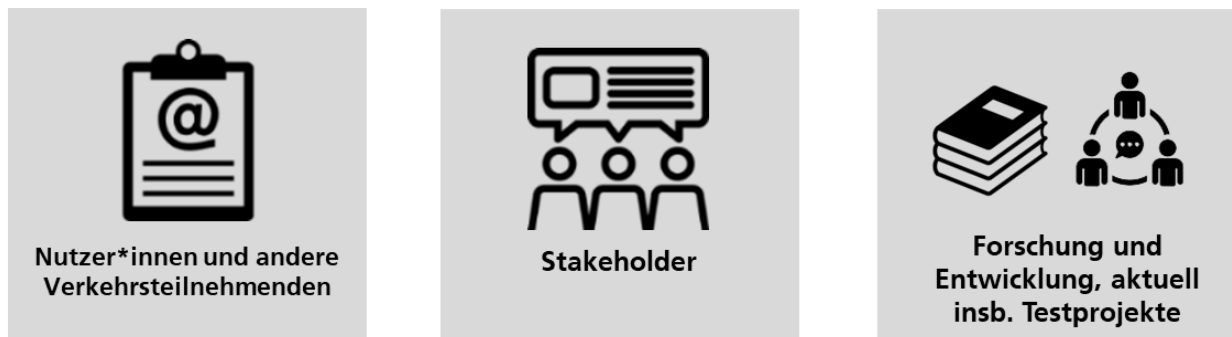


Abbildung 4: Akteursgruppen im „DiVA“-Dialog

Zudem wurden im Rahmen von DiVA Konfliktschwerpunkte für die Themenschwerpunkte herausgearbeitet. Folgende zentrale Konfliktschwerpunkte wurden herausgearbeitet:

- die *Verbesserung der individuellen Mobilität mit der Gestaltung eines nachhaltigen Verkehrssystems im Bereich Akzeptanz und systemische Verkehrswirkungen*
- die *Anforderung eines behutsamen Strukturwandels mit der Wahrung und Stärkung des Innovations- und Wirtschaftsstandorts im Bereich Wirtschafts- und Innovationsstandort Deutschland*

²⁶ Die Definition der Innovationsphasen orientiert sich größtenteils an der in der Literatur bereits existierenden Klassifikation der Phasen der Innovationsentwicklung und -einführung, wurde jedoch an dem Kontext vom AVF konzeptuell angepasst. In der Literatur werden bei Innovationen die folgenden Phasen unterschieden: Ideen, Entwicklung, Marktvorbereitung, Markteinführung (z.B. Fink, 2009).

- *Unsicherheiten bzgl. der technologischen Entwicklung mit der Entwicklung der Rahmenbedingungen und einer proaktiven Mitgestaltung der Entscheidungsträger*innen in Politik, Verwaltung und Wirtschaft identifiziert im Bereich Rahmenbedingungen und Umsetzung*

Geeignete Instrumente und Plattformen

Für die adäquate Umsetzung eines gesellschaftlichen Dialogs ist auch der Einsatz geeigneter Instrumente und Plattformen von Bedeutung. Im „DiVA“-Dialog kamen klassische analoge Formate zum Einsatz: interaktive Präsenzveranstaltungen (Workshops mit Elementen der Welt-Café-Methode sowie des Rollenspiels in Form eines Perspektivwechsels), Interviews und eine Podiumsdiskussion im Rahmen der Abschlussveranstaltung. Alle Veranstaltungen wurden dokumentiert und die Dokumentationen den Beteiligten zur Verfügung gestellt. Zudem wurden Elemente der Ko-Kreation und der kollaborativen Textentwicklung verwendet, als es zum Beispiel darum ging, eine Forschungsagenda zum AVF zu entwickeln oder darum, Empfehlungen für die Implementierung von Fragestellungen der gesellschaftlichen Akzeptanz in technikbezogenen Forschungsprojekten zu erarbeiten.

8.1.3. Anforderungen an das Dialog-Verfahren

Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden abschließend die Anforderungen an ein Dialog-Verfahren zusammengefasst, die anhand der Erkenntnisse aus dem „DiVA“-Dialog und in Anlehnung an das RRI-Konzept abgeleitet wurden. Sie beziehen sich zum einen auf inhaltliche Aspekte, zum anderen auf technische und methodische Aspekte.

Abstrahierend lässt sich zunächst zur Gestaltung des Dialogverfahrens sagen, dass dieses im Hinblick auf drei wesentliche Dimensionen bestimmt sein sollte:

- eine **inhaltliche Dimension**, in der die thematischen Aspekte, die Ziele und die Akteure beschrieben werden
- einer **prozeduralen/formalen Dimension**, die die Kriterien und Anforderungen an den Ablauf und die Wirkung des Dialogs enthält, sowie
- eine **Dimension der zeitlichen und praktischen Umsetzung und Implementierung**, bei der zum einen also die zeitliche Struktur und Abfolge einzelner Dialogprozesse bzw. -formate bestimmt wird, zum anderen geeignete Instrumente und Plattformen die Realisierung in der Praxis identifiziert werden.

Die Anforderungen wurden weiter differenziert und in vier Kategorien zusammengefasst. Abbildung 5 zeigt die Übersicht über die Anforderungen, welche im Anschluss ausgeführt werden.

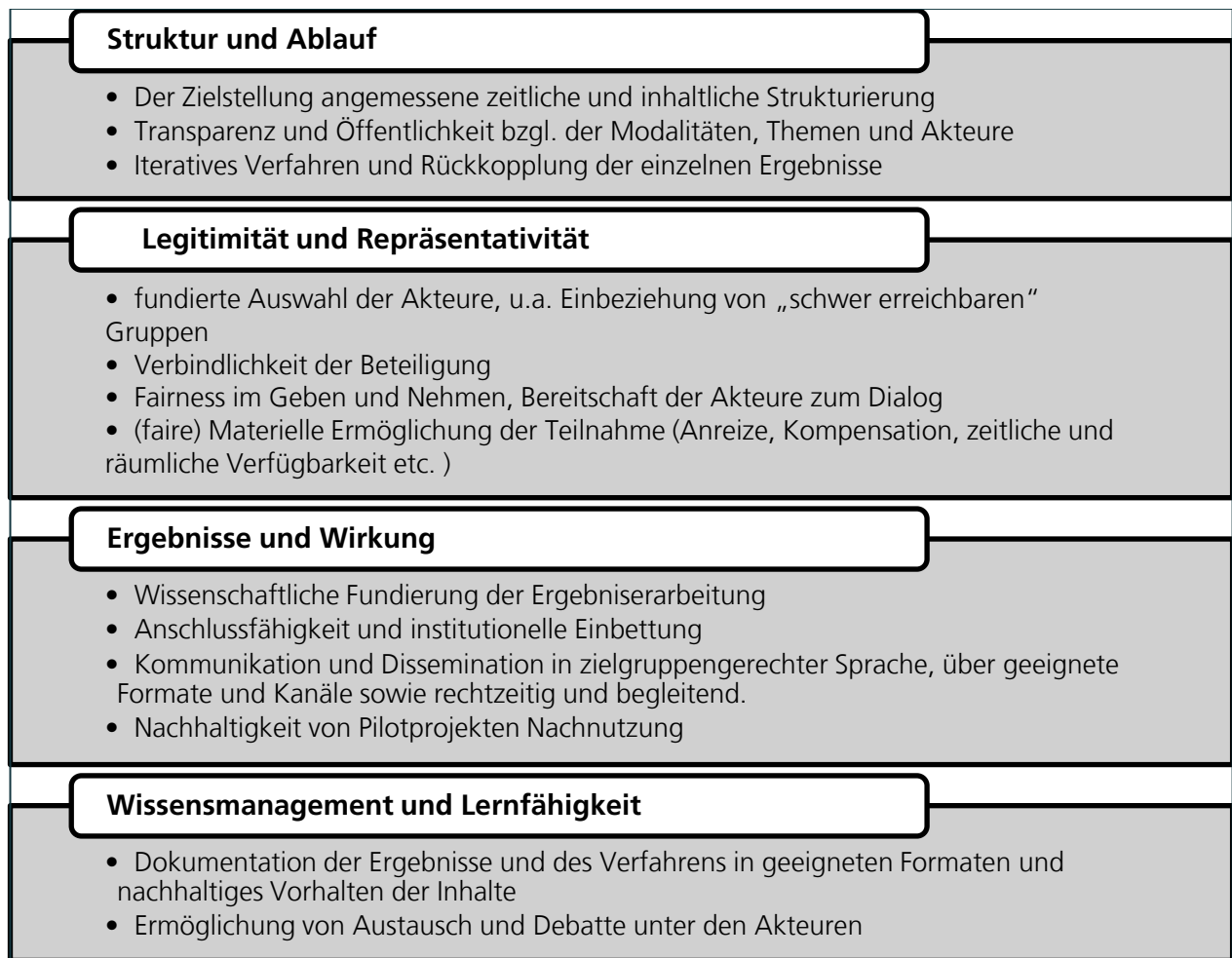


Abbildung 5: Anforderungen an ein Dialogverfahren

9. Fazit

Das Projekt DiVA widmete sich der Ausarbeitung eines Konzepts für den gesellschaftlichen Dialog zum automatisierten und vernetzten Fahren. Der vorliegende Bericht fasst die im Rahmen des Projekts ausgearbeiteten aktuellen Themen- und Handlungsschwerpunkte des Dialogs und die daraus abgeleiteten Empfehlungen für den weiterführenden Dialog in Bezug auf die Ziele, thematischen Schwerpunkte, relevanten Akteure und Anforderungen an das Dialogverfahren zusammen.

Im Folgenden werden die wichtigsten Erkenntnisse und Empfehlungen für die Umsetzung des weiterführenden Dialogs bzw. die Aspekte, die beim Dialog zu berücksichtigen sind, zusammenfassend dargestellt. Dabei werden den einzelnen Anforderungen an das Dialogverfahren zentrale Erkenntnisse aus dem Projekt zugeordnet.

Struktur und Ablauf des gesellschaftlichen Dialogs zum AVF

Die zeitliche und inhaltliche Strukturierung sowie Akteurskonstellationen sollen der Zielstellung und den Innovationsphasen entsprechen: Im Rahmen des im Projekt DiVA durchgeführten Dialogs wurden die relevanten Themen und Anforderungen der unterschiedlichen Akteursgruppen untersucht und in Beziehung zueinander gesetzt. Auch für den weiterführenden Dialog empfiehlt sich, die im Projekt identifizierten Akteursgruppen – die Nutzer*innen und Verkehrsteilnehmenden, die Stakeholder (Interessenvertreter, Verbraucherschützer, Gesetzgeber etc.) sowie auch Akteure aus Forschung und Entwicklung in einen Dialog treten zu lassen, bei den identifizierten Konflikten anzusetzen und Gemeinsamkeiten oder Schnittpunkte herauszuarbeiten.

Eine Erkenntnis aus dem „DiVA“-Dialog ist, dass die iterative Rückkopplung im Dialogverfahren noch gestärkt werden sollte. Insbesondere die Nutzer*innen sollten gleichsam iterativ in den Dialog einbezogen und ihre Anforderungen und Interessen sowie Konfliktschwerpunkte mit denen der anderen Akteursgruppen rückgekoppelt werden. Für den weiterführenden Dialog wäre es also empfehlenswert, akteursgruppenübergreifend die Anforderungen, Interessen und Konfliktpotenziale der verschiedenen Akteursgruppen zu reflektieren und in einem übergreifenden, iterativen Dialogprozess zu behandeln.

Eine zeitliche Strukturierung anhand der Entwicklungsstufen des AVF an bzw. gebündelt in Form der Innovationsphasen bietet sich an. Die Themenschwerpunkte und Akteurskonstellationen können je Phase unterschiedlich sein und diese Struktur kann eine Orientierung für Auswahl und den Fokus darstellen.

Entscheidend für das Gelingen sind zudem geeignete Instrumente und Plattformen für die Durchführung der Beteiligung und die Dokumentation. Die Einbindung virtueller Beteiligungsformate, welche die Beteiligung nicht zwingend an eine zeitliche oder räumliche Co-Präsenz binden, sowie die Öffnung des Dialogs für eine breitere Öffentlichkeit sind für künftige Dialog-Verfahren anzustreben, um z.B. Inklusivität, Öffentlichkeit und Transparenz sowie auch Gender-Gerechtigkeit zu adressieren. Bei der Gestaltung virtueller wie analoger Formate sollten diese wie auch wissenschaftliche Prinzipien berücksichtigt werden.

Das Responsible Research and Innovation (RRI)-Konzept, das die Europäischen Kommission als Querschnittsthema im Rahmenprogramm für Forschung und Innovation - Horizont 2020 einführte und für das Instrumente („RRI-Tools“) entwickelt wurden, kann eine Orientierungshilfe für den Dialog bieten. Hierin werden Kriterien für eine verantwortliche Forschung und Innovationsentwicklung formuliert und Instrumente zur Erfüllung dieser beschrieben. So werden unter anderem „Prozessdimensionen“ formuliert: Demnach sollte der Prozess „vielfältig und integrierend“, „offen und transparent“, „reaktionsfähig und adaptiv bei Veränderungen“ und die beteiligten Akteure „antizipativ und reflexiv“ sein.²⁷ Darüber hinaus sollte auch die Durchführung durch Expert*innen für Beteiligungsformate begleitet werden, denn die Qualität der Durchführung bestimmt die Qualität der Ergebnisse.

²⁷ Online unter <https://www.rri-tools.eu/de/web/guest/uber-rri>, zuletzt geprüft am 06.07.2020

Diverse Interessen und Anforderungen erkennen, aushandeln lassen und in eine gemeinsame Richtung zusammenbringen: Die Implementierung der Technik in das bestehende Verkehrs- und Gesellschaftssystem kann sehr unterschiedlich erfolgen. Zum einen kann man zwischen verschiedenen Automatisierungsstufen – von keiner Automatisierung über assistiertes Fahren bis hin zu Vollautomatisierung – unterscheiden. Zum anderen kann automatisiertes und vernetztes Fahren in unterschiedlichen Formen vorkommen – von privat genutzten Pkw, über geteilt genutzte Mobilitätsangebote bis hin zu integrierten kollektiven Mobilitätsangeboten als Teil des bestehenden ÖV-Systems. Je nachdem, wie die Technik implementiert und genutzt wird, sind unterschiedliche Auswirkungen zu erwarten, d.h. die Einführung der Technik bringt nicht per se Vorteile für individuelle Mobilität, Verkehr und Gesellschaft. Zu definieren gilt daher an erste Stelle, welchen gesellschaftlichen Anforderungen die Technik entsprechen sollte bzw. welche Arten von Implementierung für die Gesellschaft wünschenswert sind. Von dem Hintergrund unterschiedlicher Interessen und Bedürfnisse der Nutzer, anderer Verkehrsteilnehmender, Stadtverwaltungen, wirtschaftlicher Akteure etc. bedarf es eines Dialog- bzw. einen Aushandlungsprozesses zur Definition potenzieller und wünschenswerter Zukünfte *(die Mehrzahl an dieser Stelle soll unterstreichen, dass es unterschiedliche Lösungen und Implementierungspfade möglich sind; eine Festlegung bzw. Auswahl ein einziger Pfad ist daher nicht möglich bzw. nicht notwendig)*. Bei dem Dialogprozess geht es um einen Aushandlungsprozess – dabei wird den Versuch unternommen, die Interessen aller relevanten Akteure zu berücksichtigen bzw. eine für alle Beteiligte akzeptable Zielrichtung auszuhandeln.

Legitimität und Repräsentativität

Anforderungen der Gesellschaft in die Entwicklungsprozesse einbringen, Förderung von Open Innovation-Prozessen: Damit die Technik den Bedarf und die Interessen der Gesellschaft bzw. auch von einzelnen gesellschaftlichen Teilsystemen bestmöglich entspricht, soll der Dialog u.a. auch dazu dienen, die konkreten Anforderungen der Gesellschaft abzufragen und diese in die Entwicklungsprozesse rückzukoppeln. Bei dem gesellschaftlichen Dialog zum AVF handelt es sich aufgrund unterschiedlicher Potenziale, Interessen und Auswirkungen, die im Zusammenhang mit der Entwicklung und Implementierung von AVF stehen, um einen fortlaufenden und iterativen Aushandlungsprozess.

In der Entwicklung einzelner Innovationen bzw. Produkte wird die Erfassung und Förderung der Akzeptanz der Produkte bei den potenziellen Nutzern häufig als Teil einer Vermarktungsstrategie oder Marketingkampagne verstanden. Bei einer Technik wie dem AVF, die weitreichendere gesellschaftliche Implikationen hat, ist diese Vorgehensweise weniger zielführend. Ein gesellschaftlicher Dialog zum AVF als strategische Kommunikation zur Technik sollte vielmehr frühzeitig einsetzen und parallel zum Entwicklungs- und Einführungsprozess verlaufen. Dabei sollte der Fokus weniger auf die Vermarktung der Technik, sondern vielmehr in der transparenten und konstruktiven Diskussion zu möglichen Entwicklungspfaden und Anforderungen liegen. Diese Vorgehensweise entspricht mehr dem Konzept einer sogenannten Offenen Innovation (engl. Open Innovation), bei der das Potenzial einer Innovation durch die Einbeziehung der Außenwelt ausgeschöpft wird.

Expertendialog durch Incentivierung und aktive Involvierung unterschiedlicher Akteursgruppen fördern: Voraussetzung für einen erfolgreichen und zielgerichteten Dialog mit relevanten Akteursgruppen im Bereich AVF ist deren *Commitment*. Das aktive Einbinden relevanter Stakeholder in den Dialogprozess erfordert neben einer zentralen Koordination und Moderation auch die gezielte Motivation bzw. Incentivierung der Stakeholder, auch durch die Bereitstellung von hierfür verwendbaren Ressourcen. Der Dialog muss auch institutionalisiert werden.

Ergebnisse und Wirkung

Definition einer Zielrichtung anhand wissenschaftlicher Erkenntnisse und gesellschaftlicher Interessen ausarbeiten: Noch in den ersten Phasen der Entwicklung und Erprobung der Technik soll unter Berücksichtigung gesellschaftlicher Anforderungen und Bedarfe eine Zielvision für das AVF definiert werden. Dabei sollten nicht die technische Machbarkeit, sondern die Anforderungen eines nachhaltigen zukünftigen Verkehrs- und Gesellschaftssystems im Vordergrund stehen. Dieses Thema kann primär unter Einbeziehen aller relevanten Stakeholder in einem Dialog ausgearbeitet werden. Eine Rückkopplung mit den

Erwartungen und Anforderungen von Bürger*innen (z.B. durch eine Thematisierung der Fragestellung im Rahmen eines Bürgerdialogs) ist dabei erforderlich.

Feldtests von größerem alltäglichem Nutzen schaffen, aktive Einbindung der Bevölkerung, professionelle Unterstützung des Kommunikationsprozesses: Feldtests, die eine für die Bevölkerung sichtbare Wirkung erzielen, sind eine Voraussetzung für die realistische Einschätzung des Potenzials der Technik durch potenzielle Nutzer und andere Verkehrsteilnehmende sowie eine wichtige Kommunikationsplattform. Der Kommunikationsprozess bzw. der Dialog an Testfeldern sollte zum einen frühzeitig anfangen und fortlaufend durchgeführt werden und zum anderen professionell (d.h. von Kommunikationsexperten) mitgestaltet werden.

Realistisches Erwartungsmanagement fördern, Anforderungen der Bürger*innen berücksichtigen: Die Berücksichtigung der Anforderungen der Bürger*innen an die Technik ist ein wichtiger Baustein in der Entwicklung bedarfsgerechter automatisierter und vernetzter Angebote sowie für die Steigerung der Akzeptanz der Technik. Um dies zu ermöglichen, sollte im Vorfeld eine Basis durch ein realistisches Erwartungsmanagement bzw. durch die Ermöglichung eines Zugangs zu Wissen und Erfahrungen mit der Technik für die breite Bevölkerung geschaffen werden. Zum Anfang eines Dialogs mit der Bevölkerung sollten daher die Erwartungen, Bedenken und noch offenen Fragen unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen in Bezug auf die Technik erfasst und adressiert werden. Die (ersten) Erfahrungen und Berührungspunkte mit der Technik, z.B. auf Testfeldern, müssen kommunikativ begleitet werden.

Innovationsfähigkeit und Lernprozess forcieren: Die Förderung des Innovationsstandorts Deutschland als Leitanbieter und Leitmarkt für AVF ist eines der wichtigsten strategischen Ziele der Bundesregierung im Kontext der Digitalisierung. Der gesellschaftliche Dialog zum AVF kann zur Erreichung dieses Zieles insofern beitragen, als er eine Vernetzung und einen Wissensaustausch zwischen den relevanten Akteuren fördert und eine strategische Ausrichtung der Entwicklungsarbeiten vorgibt. Durch die unterschiedlichen Interessen und Perspektiven einzelner Akteursgruppen – nicht zuletzt der potenziellen Nutzerinnen und Nutzer – können neue Impulse gegeben werden. Durch die Vernetzung von Stakeholdern auf regionaler und nationaler Ebene können Synergie-Effekte entstehen. Der Dialogprozess sollte iterativ sein und einen gemeinsamen Lernprozess fördern. Die Notwendigkeit für eine iterative Vorgehensweise ergibt sich vor allem aus den noch hohen Unsicherheiten bezüglich der technischen Herausforderungen und den gesellschaftlichen Auswirkungen des AVF bzw. aus der hohen Dynamik der Entwicklung auf der einen Seite und den gesellschaftlichen Herausforderungen (z.B. umweltbezogene Herausforderungen) auf der anderen.

Identifikation der Herausforderungen in der Übergangsphase mit Mischverkehr, Entwicklung von Lösungsansätzen: Neben allen oben genannten Forschungsschwerpunkten, die im Rahmen von künftigen Projekt- und Forschungsvorhaben adressiert werden können, erfordert die Vorbereitung des Einsatzes von Fahrzeugen der höheren Automatisierungsstufen die Untersuchung von Herausforderungen in der Übergangsphase mit Mischverkehr. Häufig werden in Projektvorhaben das Potenzial einzelner Anwendungsszenarien oder das Potenzial eines Maximalszenarios zum Einsatz automatisierter und vernetzter Fahrzeuge im Straßenverkehr in den Blick genommen. Gleichzeitig ist aber mit einer längeren Einführungs- bzw. Übergangsphase zu rechnen, bei der sowohl mit einer Mischung von Fahrzeugen unterschiedlicher Automatisierungsstufen als auch von unterschiedlichen AVF-Anwendungskonzepten (z.B. private Fahrzeuge, geteilte Fahrzeuge) zu rechnen ist. Die Untersuchung der Umsetzung von AVF-Konzepten im Realbetrieb ist daher notwendig (wiederum nicht nur aus technischer Sicht, sondern unter Berücksichtigung gesellschaftlicher Aspekte, z.B. Anforderungen anderer Verkehrsteilnehmender).

Wissensmanagement und Lernfähigkeit

Förderung des Austausches zwischen Projektvorhaben und Ermöglichung einer Lernkurve: Ein fortlaufender Dialog zwischen Projekt- und Forschungsvorhaben kann dazu beitragen, dass sich Projekte gegenseitig befruchten und gemeinsame Lösungsansätze entwickelt werden. Wichtig dabei ist die Förderung eines gemeinsamen Lernprozesses, das auch Experimente zulässt und nicht nur auf Erfolge, sondern auch die Sammlung „negativer“ Erfahrungen mit der Technik konstruktiv aufnimmt.

Wissensbasis kontinuierlich weiterentwickeln, dokumentieren und zugänglich machen: Ein konstruktiver und zielgerichteter Dialog zum AVF bedarf einer fundierten Wissensbasis über technische Entwicklungen und Potenziale, mögliche Einführungspfade sowie potenzielle Auswirkungen der Technik. Von dem Hintergrund der weiterreichenden Effekte der Implementierung des AVF in vielen unterschiedlichen gesellschaftlichen Bereichen, sind neben technischen und rechtlichen auch gesellschaftliche Aspekte zu betrachten. Dabei ist die Entwicklung und Einführung der Automatisierung und Vernetzung ein laufender und sehr dynamischer (Lern)Prozess. Daher ist es entscheidend, dass der Dialog zum AVF auf neueren Erkenntnissen zur technischen Entwicklung, aber auch zu den gesellschaftlichen Implikationen der Technik aufbaut. Darüber hinaus sollte die Entwicklung einer Forschungsagenda selbst ein wichtiger Gegenstand des Dialogs zwischen den relevanten Akteuren, insbesondere unter Beteiligung der Wissenschaft und Forschung in diesem Bereich, sein, um die Aktualität der Diskussionen zu gewährleisten.

Literaturverzeichnis

- ANDERSON, J. M., NIDHI, K., STANLEY, K. D., SORENSEN, P., SAMARAS, C. & OLUWATOLA, O. A. 2014. *Autonomous vehicle technology: A guide for policymakers*, Rand Corporation.
- BACHEM, H. & DOBBERSTEIN, J. 2015. Fahrzeugsicherheit bei schweren Nutzfahrzeugen. Wolfsburg.
- BAHAMONDE-BIRKE, F., KICKHÖFER, B., HEINRICHS, D. & KUHNIMHOF, T. 2018. A systemic view on autonomous vehicles: Policy aspects for a sustainable transportation planning. *disP-The Planning Review*, 54, 12-25.
- BANSAL, P., KOCKELMAN, K. M. & SINGH, A. 2016. Assessing public opinions of and interest in new vehicle technologies: An Austin perspective. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 67, 1-14.
- BARNER, A., BULLINGER, H.-J., KAGERMANN, H., OETKER, A., OTTENBERG, K. & WEBER, T. 2013. Perspektivenpapier der Forschungsunion: Wohlstand durch Forschung – Vor welchen Aufgaben steht Deutschland?
- BECKER, F. & AXHAUSEN, K. W. 2017. Literature review on surveys investigating the acceptance of automated vehicles. *Transportation*, 44, 1293-1306.
- BEIKER, S. A. 2015. Einführungsszenarien für höhergradig automatisierte Straßenfahrzeuge. *Autonomes Fahren*. Springer.
- BENZ, T., DIEKMANN, T., FISANOTTI, G., GEIBLER, T., HARKER, B., HERRMANN, R., LANFRANCO, C., KANZ, G., KÜNZEL, C., MARTINI, S., MURDOCCO, V., BELLEZZA, M., MONTANARI, R., POYET, E., PUGLIA, V., SCHULZ, W., SCHULZE, M. & STENMAN, A. 2003. Chauffeur 2 Final Report / PROMOTE-CHAUFFEUR 2 Consortium. 2003. – Deliverable D24.
- BHOOPALAM, A. K., AGATZ, N. & ZUIDWIJK, R. 2017. Planning of truck platoons: A literature review and directions for future research. *Transportation Research Part B: Methodological*, 107, 212-228.
- BISCHOFF, J. & MACIEJEWSKI, M. 2016. Autonomous taxicabs in Berlin—a spatiotemporal analysis of service performance.
- BMVBS 2012. Mobilitätsstudie "Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010" (KiD 2010) - Ergebnisse im Überblick. Projekt Nr. 70.0829/2008. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS).
- BMVI 2015. Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren.
- BMVI 2017. Daten der Erhebung "Mobilität in Deutschland (MiD)" 2017.
- BÖSCH, P. M., BECKER, F., BECKER, H. & AXHAUSEN, K. W. 2018. Cost-based analysis of autonomous mobility services. *Transport Policy*, 64, 76-91.
- CHAPIN, T., STEVENS, L., CRUTE, J., CRANDALL, J., ROKYTA, A. & WASHINGTON, A. 2016. Envisioning Florida's Future: Transportation and Land Use in an Automated Vehicle World. Tallahassee.
- CHILDRESS, S., NICHOLS, B., CHARLTON, B. & COE, S. 2015. Using an activity-based model to explore possible impacts of automated vehicles. *The 94th Annual Meeting of the Transportation Research Board*. Washington, DC, USA.
- CORREIA, G. H. D. A. & VAN AREM, B. 2016. Solving the User Optimum Privately Owned Automated Vehicles Assignment Problem (UO-POAVAP): A model to explore the impacts of self-driving vehicles on urban mobility. *Transportation Research Part B: Methodological*, 87, 64-88.
- CRAINIC, T., GENDREAU, M. & J-Y., P. 2009. Intelligent freight-transportation systems: Assessment and the contribution of operations research. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 17, 541–557.
- CYGANSKI, R., FRAEDRICH, E. & LENZ, B. Travel-time valuation for automated driving: A use-case-

- driven study. Proceedings of the 94th Annual Meeting of the TRB, 2015.
- DAIMLER. 2017. *Highway Pilot Connect: Vernetzte Lkw fahren im Verbund mit mehr Sicherheit und weniger Verbrauch* [Online]. Available: <http://media.daimler.com/marsMediaSite/de/instance/ko/Highway-Pilot-Connect-Vernetzte-Lkwfahren-im-Verbund-mit-mehr-Sicherheit-und-weniger-Verbrauch.xhtml?oid=9905211> [Accessed 10.01.2019].
- DE LOOFF, E., CORREIA, G., VAN CRANENBURGH, S., SNELDER, M. & VAN AREM, B. 2018. Potential changes in value of travel time as a result of vehicle automation: a casestudy in the Netherlands. *97th Annual Meeting of the Transportation Research Board*. Washington, DC.
- DESTATIS 2017. Sozialeleistungen. Schwerbehinderte Menschen. Fachserie 13 Reihe 5.1.: Statistisches Bundesamt.
- DESTATIS 2018. Verkehr. Verkehrsunfälle. Fachserie 8, Reihe 7.: Statistisches Bundesamt.
- DESTATIS 2019. Bevölkerung Deutschland bis 2060. Ergebnisse der 14. koordinierten Bevölkerungsvorausberechnung. Hauptvarianten 1 bis 9. .
- DESTATIS. 2020a. *Bevölkerung. Bevölkerungsstand*. [Online]. Statistisches Bundesamt. Available: https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/_inhalt.html;jsessionid=41CDB3BE67AE0CED92B865F5024C7BC7.internet8722 [Accessed 10.05.2020].
- DESTATIS 2020b. Öffentliche Sozialeleistungen. Lebenslagen der behinderten Menschen. Ergebnis des Mikrozensus. . Statistisches Bundesamt.
- DOKIC, J., MÜLLER, B., MEYER, G. 2015. European Roadmap, Smart Systems for Automated Driving.
- ERTRAC. 2015. Automated Driving Roadmap.
- EUROPEAN COMMISSION 2018. Advanced driver assistance systems, European Commission, Directorate General for Transport.
- FAGNANT, D. J. & KOCKELMAN, K. 2015. Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 167-181.
- FANG, Y., CHU, F., MAMMAR, S. & CHE, A. 2013. An optimal algorithm for automated truck freight transportation via lane reservation strategy. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 26, 170-183.
- FITZPATRICK, D., CORDAHI, G., O'ROURKE, L., ROSS, C., KUMAR, A. & BEVLY, D. 2017. *Challenges to CV and AV Applications in Truck Freight Operations* [Online]. Available: <http://nap.edu/24771> [Accessed].
- FLÄMIG, H. 2015. Autonome Fahrzeuge und autonomes Fahren im Bereich des Gütertransportes. In: MAURER, M., GERDES, C., LENZ, B. & WINNER, H. (eds.) *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Springer Vieweg.
- FÖHRING, R. & ZELEWSKI, S. 2015. AFEX: an autonomous freight exchange concept. *Transportation Research Procedia* 10 10, 644 – 651.
- FRAEDRICH, E. 2017. *Autonomes Fahren. Individuelle und gesellschaftliche Aspekte der Akzeptanz*. Doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.), Humboldt-Universität zu Berlin.
- FRAEDRICH, E., BEIKER, S. & LENZ, B. 2015. Transition pathways to fully automated driving and its implications for the sociotechnical system of automobility. *European Journal of Futures Research*, 3, 1-11.
- FRAEDRICH, E., CYGANSKI, R., WOLF, I. & LENZ, B. 2016. *User perspectives on autonomous driving: a use-case-driven study in Germany*, Geographisches Institut, Humboldt-Universität zu Berlin.
- FRAEDRICH, E., KRÖGER, L., BAHAMONDE-BIRKE, F., FRENZEL, I., LIEDTKE, G., TROMMER, S., LENZ, B. & HEINRICHS, D. 2017. Automatisiertes Fahren im Personen- und Güterverkehr.

- Auswirkungen auf den Modal-Split, das Verkehrssystem und die Siedlungsstrukturen. Mühlacker, Deutschland: e-mobil BW.
- FRAEDRICH, E. & LENZ, B. 2014. Autonomes Fahren-Mobilität und Auto in der Welt von morgen. Ausblick zur Akzeptanz des autonomen Fahrens im Projekt "Villa Ladenburg" der Daimler und Benz Stiftung. *Technikfolgenabschätzung-Theorie und Praxis*, 23, 46-53.
- FREY, C. B. & OSBORNE, M. A. 2017. The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Technological forecasting and social change*, 114, 254-280.
- GASSER, T. M., ARZT, C., AYOUBI, M., BARTELS, A., BÜRKLE, L., EIER, J., FLEMISCH, F., HÄCKER, D., HESSE, T. & HUBER, W. 2012. Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung. *Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Unterreihe Fahrzeugtechnik*.
- GÖTTING KG. 2013. Fahrerloser LKW in einer Molkerei. Available: <http://www.goetting.de/news/2012/molkerie>.
- GRUEL, W. & STANFORD, J. M. 2016. Assessing the long-term effects of autonomous vehicles: a speculative approach. *Transportation research procedia*, 13, 18-29.
- GUCWA, M. 2014. Mobility and Energy Impacts of Automated Cars. *Automated Vehicle Symposium*. Burlingame, CA, USA.
- HARPER, C. D., HENDRICKSON, C. T., MANGONES, S. & SAMARAS, C. 2016. Estimating potential increases in travel with autonomous vehicles for the non-driving, elderly and people with travel-restrictive medical conditions. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 72, 1-9.
- HARTMANN, M., MOTAMEDIDEHKORDI, N., KRAUSE, S., HOFFMANN, S., VORTISCH, P. & BUSCH, F. 2017. Impact of autonomous vehicles on capacity of the German freeway network. *ITS World Congress Montreal*.
- HEINRICHS, D. 2015. Autonomes Fahren und Stadtstruktur. *Autonomes Fahren*. Springer.
- HEINRICHS, D. & CYGANISKI, R. 2015. Automated Driving: How It Could Enter Our Cities and How This Might Affect Our Mobility Decisions. *disP-The Planning Review*, 51, 74-79.
- IIHS. 2019. *New studies highlight driver confusion about automated systems* [Online]. IIHS - Insurance Institute for Highway Safety. Available: <https://www.iihs.org/news/detail/new-studies-highlight-driver-confusion-about-automated-systems> [Accessed 10.05.2020].
- JANSSEN, R., ZWIJNENBERG, H., BLANKERS, I. & DE KRUIJFF, J. 2015. Truck platooning: Driving the future of transportation.
- KBA. 2018. *Neuzulassungen von Pkw im Jahr 2018 nach privaten und gewerblichen Haltern* [Online]. KBA - Kraftfahrt-Bundesamt. Available: https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/Neuzulassungen/Halter/fz_n_halter_archiv/2018/2018_n_halter_dusl.html?nn=2601598 [Accessed 10.05.2020].
- KESTING, A. 2008. *Microscopic Modeling of Human and Automated Driving: Towards Traffic-Adaptive Cruise Control* Saarbrücken, Verlag Dr. Müller.
- KOLAROVA, V., STECK, F. & BAHAMONDE-BIRKE, F. 2019. Assessing the effect of autonomous driving on value of travel time savings: A comparison between current and future preferences. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 129, 155-169.
- KPMG. 2014. KPMG's Global Automotive Executive Survey 2014, Strategies for a fast-evolving market.
- KRÖGER, L., KUHNIMHOF, T. & TROMMER, S. 2016. Modelling the impact of automated driving – private AV scenarios for Germany and the US. *44th European Transport Conference*. Barcelona, Spain.
- KRUEGER, R., RASHIDI, T. H. & ROSE, J. M. 2016. Adoption of Shared Autonomous Vehicles—a Stated Choice Analysis. Available at SSRN.
- KUMMERLE, R., HAHNEL, D., DOLGOV, D., THRUN, S. & BURGARD, W. 2009. Autonomous driving in a multi-level parking structure. *12th International IEEE Conference on Intelligence Transportation Systems*

- LENZ, B. & FRAEDRICH, E. 2015. Neue Mobilitätskonzepte und autonomes Fahren: Potenziale der Veränderung. In: MAURER, M., GERDES, C., LENZ, B. & WINNER, H. (eds.) *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Springer Vieweg
- LI, B. & SHAO, Z. 2015. A unified motion planning method for parking an autonomous vehicle in the presence of irregularly placed obstacles. *Knowledge-Based Systems*, 86, 11-20.
- LITMAN, T. 2013. Autonomous Vehicle Implementation Predictions – Implications for Transport Planning.
- LITMAN, T. 2018. Autonomous Vehicle Implementation Predictions. Implications for Transport Planning.: Victoria Transport Policy Institute.
- LUTIN, J. M. The Challenge of Planning for a World of Automated Vehicles–Definitions, Characteristics, and Modal Use Considerations. Transportation Research Board 94th Annual Meeting, 2015.
- LUTIN, J. M., KORNHAUSER, A. & LERNER-LAM, E. 2013. The Revolutionary Development of Self-Driving Vehicles and Implications for the Transportation Engineering Profession. *ITE Journal*.
- MCKINSEY&COMPANY 2019. RACE 2050 - A vision for the european automotive industry. McKinsey&Company.
- MILAKIS, D., VAN AREM, B. & VAN WEE, B. 2017. Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 21, 324-348.
- MITCHELL, W. J., BORONNI-BIRD, E. & BURNS, L. D. 2010. Reinventing the Automobile. *Personal Urban Mobility for the 21st Century*. Cambridge.
- MÜLLER, S. 2012. *Makroskopische Verkehrsmodellierung mit der Einflussgröße Telematik - Eine Methodenarbeit und Beispielumsetzung mit Cooperative Adaptive Cruise Control Systemen im Güterverkehr*. TU-Berlin.
- NACFE. 2016. Truck efficiency: Two-Truck platooning. North American Council for Freight Efficiency
- NHTSA. *Automated Vehicles for Safety* [Online]. Available: <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety> [Accessed 20.07.2019].
- OBERMEYER, A. & EVANGELINOS, C. 2014. Die Theorie der Zeitallokation und die empirische Reisezeitbewertung. *Zeitschrift für Verkehrswissenschaft*, 85, 56-81.
- PWC 2016. Truck Study 2016 – The Era of Digitized Trucking.
- ROBERTSON, R. D., MEISTER, S. R. & VANLAAR, W. G. M. 2016. Automated vehicles: Driver knowledge, attitudes & practices.
- SAE 2019. J3016: Levels of driving automation
- SCHOETTLE, B. & SIVAK, M. 2014. A survey of public opinion about autonomous and self-driving vehicles in the US, the UK, and Australia. Ann Arbor: University of Michigan.
- SCHOETTLE, B. & SIVAK, M. 2015. Potential impact of self-driving vehicles on household vehicle demand and usage. *The University of Michigan Transportation Research Institute* [Online].
- SOMMER, K. 2013. Continental Mobilitätsstudie 2013 : Projektmodule und methodische Ansätze.
- STECK, F., KOLAROVA, V., BAHAMONDE-BIRKE, F., TROMMER, S. & LENZ, B. 2018. How Autonomous Driving May Affect the Value of Travel Time Savings for Commuting. *Transport Research Record*, 2672, 11-20.
- TROMMER, S., KOLAROVA, V., FRAEDRICH, E., KRÖGER, L., KICKHÖFER, B., KUHNIMHOF, T., LENZ, B. & PHLEPS, P. 2016. Autonomous Driving. The impact of vehicle automation on mobility behaviour.
- TSUGAWA, S. An Overview on an Automated Truck Platoon within the Energy ITS Project. 2013. 41-46.
- VDA 2015. Automatisierung von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren. *VDA Magazin*.

- VERBRAUCHERZENTRALE BUNDESVERBAND 2016. Automatisiertes und vernetztes Fahren braucht Regeln.
- WADUD, Z., MACKENZIE, D. & LEIBY, P. 2016. Help or hindrance? The travel, energy and carbon impacts of highly automated vehicles. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 86, 1-18.
- WINTER, K., CATS, O., MARTENS, K. & VAN AREM, B. 2017. A Stated Choice Experiment on Mode Choice in an Era of Free-Floating Carsharing and Shared Autonomous Vehicles. *96th Annual meeting of the Transportation Research Board TRB* Washington. D.C.
- WOLF, I. 2015. Wechselwirkung Mensch und autonomer Agent. In: MAURER, M., GERDES, C., LENZ, B. & WINNER, H. (eds.) *Autonomes Fahren. Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte*. Springer Vieweg.
- YAP, M. D., CORREIA, G. & VAN AREM, B. 2016. Preferences of travellers for using automated vehicles as last mile public transport of multimodal train trips. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94, 1-16.

IMPRESSUM

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Herausgeber

Institut für Verkehrsforschung

Anschrift

Rudower Chaussee 7
12489 Berlin

Redaktion und Autoren

DLR – Institut für Verkehrsforschung
Viktoriya Kolarova
Kerstin Stark
Prof. Dr. Barbara Lenz

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
Förderkennzeichen: 16AVF2030A

Zuwendungsempfänger

www.DLR.de/vf